

Rahmenspezifikation

"Basissicherheit von druckführenden Komponenten"

2. Anhang zu den RSK-Leitlinien für Druckwasserreaktoren (2. Ausgabe vom 24. Januar 1979) Kapitel 4.2

Rahmenspezifikation Basissicherheit von druckführenden Komponenten
Stand: 25. April 1979

Behälter, Apparate, Rohrleitungen, Pumpen und Armaturen
(ausgenommen sind: Einbauteile, Bauteile zur Kraftübertragung
und druckführende Wandungen \leq DN 50)

Inhalt

| | |
|---|---|
| Grundsätze..... | 3 |
| Erläuterungen zum Konzept..... | 3 |
| 1 Konstruktion..... | 3 |
| 1.1 Allgemeine Anforderungen an die Konstruktion..... | 3 |
| 1.1.1 Funktionsgerechte, beanspruchungsgerechte Konstruktion..... | 3 |
| 1.1.2 Werkstoffgerechte Konstruktion..... | 3 |
| 1.1.3 Prüfgerechte Konstruktion..... | 4 |
| 1.1.4 Fertigungstechnische Gesichtspunkte..... | 4 |
| 1.1.5 Wartungsfreundliche Konstruktion..... | 4 |
| 1.2 Vorschriften für Konstruktionsdetails..... | 5 |
| 1.2.1 Wanddickenübergänge, Durchmesserübergänge..... | 5 |
| 1.2.2 Mindestwanddicken..... | 5 |
| 1.2.3 Stützen..... | 5 |
| 1.2.4 Auflagerung von Komponenten..... | 5 |
| 1.2.5 Rohrböden..... | 5 |
| 1.2.6 Rohrleitungen..... | 6 |
| 1.2.7 Kompensatoren..... | 6 |
| 1.2.8 Blinddeckel..... | 6 |
| 2 Berechnung..... | 6 |
| 2.1 Festigkeitsberechnung Berechnungsmethoden und Berechnungsanforderungen..... | 6 |
| 2.1.1 Berechnung mit Spannungsanalysen..... | 6 |
| 2.1.2 Berechnung mit Auslegungsformeln..... | 6 |
| 2.1.3 Ermüdungsanalysen..... | 6 |
| 2.1.4 Schraubenberechnung..... | 6 |
| 2.1.5 Zulässige Spannungen..... | 6 |
| 2.1.6 Belastungen..... | 7 |
| 2.1.7 Lastfälle..... | 7 |
| 2.2 Analysen aufgrund von Bruchannahmen..... | 7 |
| 3 Werkstoffe..... | 7 |
| 3.1 Werkstoffe für druckführende Wandungen..... | 7 |
| 3.2 Schraubenwerkstoffe..... | 7 |
| 3.3 Werkstoffe für Sonderanwendungen..... | 7 |
| 3.4 Schweißzusatzwerkstoffe..... | 8 |

3.5 Qualifizierung der Werkstoffe (Begutachtung).....8

4 Herstellung8

4.1 Herstellerqualifizierung8

4.2 Herstellungsunterlagen8

4.3 Fertigungsüberwachung.....8

4.4 Herstellungsanforderungen.....8

4.4.1 Schweißen.....8

4.4.2 Kantenversatz9

4.4.3 Nahtunterschleifungen.....9

4.4.4 Druckprüfung.....9

5 Prüfungen9

5.1 Vorprüfung9

5.2 Werkstoffprüfungen.....9

5.3 Bauprüfungen9

5.4 Dokumentation10

6 Wiederkehrende Prüfungen10

6.1 Basismessungen.....10

6.2 Wiederkehrende Prüfungen an Druckbehältern.....10

6.3 Wiederkehrende Prüfungen an Rohrleitungen, Armaturen und Pumpen.....10

6.4 Plan für die wiederkehrenden Prüfungen.....10

Tabellen.....11

Bilder.....11

Abkürzungsverzeichnis12

Grundsätze

Die Basissicherheit eines Anlagenteils wird bestimmt durch

- hochwertige Werkstoffeigenschaften, insbesondere Zähigkeit
- konservative Begrenzung der Spannung
- Vermeidung von Spannungspitzen durch optimale Konstruktion
- Gewährleistung der Anwendung optimierter Herstellungstechnologien und Prüftechnologien
- Kenntnis und Beurteilung ggf. vorliegender Fehlerzustände
- Berücksichtigung des Betriebsmediums

Bei Einhaltung der in dieser Rahmenspezifikation festgeschriebenen Anforderungen wird eine Basissicherheit der Komponenten der "Äußeren Systeme" erreicht, welche ein katastrophales, aufgrund herstellungsbedingter Mängel eintretendes Versagen eines Anlagenteils ausschließt.

Erläuterungen zum Konzept

An die Konstruktion werden detaillierte Anforderungen gestellt, die einwandfreie Fertigungs- und Prüfbedingungen sowie einen günstigen Spannungsverlauf unter Betriebsbelastungen gewährleisten. Mit der Festigkeitsberechnung sind die bei allen zu berücksichtigenden Lastfällen auftretenden Spannungen zu erfassen und im Vergleich zum konventionellen Regelwerk gegen niedrigere Spannungen abzusichern (primäre Membranspannungen max. 1/4 Zugfestigkeit bzw. 1/3 Zugfestigkeit mit Sekundärspannungsanalysen).

Die Werkstoffwahl wird im Hinblick auf einfache Herstellung und erhöhte Betriebssicherheit auf wenige bewährte Werkstoffe begrenzt, für die, gestuft nach Anforderungen, besondere Analysenanforderungen und Zähigkeitsanforderungen gelten (s. Tabelle 3.1).

Die ferritischen Stähle sind in zwei Werkstoffgruppen eingestuft.

Für die Herstellung von Erzeugnisformen und Komponenten sind nur qualifizierte Hersteller zugelassen. Durch die konstruktive Festlegung und die Werkstoffwahl bestehen optimale Voraussetzungen für eine im Sinne der Fehlerminimierung sichere Fertigung.

Baubegleitende Herstellungsunterlagen, Qualitätssicherung und Dokumentation werden auf das Wesentliche festgelegt.

Ausgehend von dem Konzept der Basissicherheit, nämlich höchste Betriebssicherheit insbesondere durch optimale, auf den Anwendungsfall abgestimmte qualitätserzeugende Maßnahmen zu erzielen, erfolgt entsprechend dem Gefährdungspotential (Beanspruchungen, Abmessungen) und unter Beachtung der verwendeten Werkstoffe eine gestufte Festlegung des Prüfumfanges. Es werden drei Prüfgruppen A1 bis A3 gebildet, denen die gleiche Basissicherheit zugrundegelegt ist. Tabelle 1 zeigt die Kriterien für die Einstufung der Komponenten und die Verknüpfung mit den Werkstoffgruppen. Die Einstufung ist also kein Qualitätsmerkmal.

Der Hersteller muß durch entsprechende Qualitätssicherung in Eigenverantwortung die Qualität seiner Arbeiten überwachen und prüfen.

Im Rahmen von Störfallanalysen, die aufgrund der in Abschnitt 2.2 dargestellten Bruchpostulate durchzuführen sind, sind die Auswirkungen zu untersuchen, die eintreten können, wenn Systeme oder Komponenten versagen. Unter Versagen ist hier der Verlust der Integrität der druckführenden Wandungen zu verstehen.

Die Rahmenspezifikation ist ergänzender Bestandteil des Punktes 4.2 der RSK-Leitlinien für Druckwasserreaktoren, 2. Ausgabe, 24. Januar 1979.

1 Konstruktion

1.1 Allgemeine Anforderungen an die Konstruktion

Die Konstruktion der Komponenten muß folgenden Anforderungen genügen:

- Funktionsgerecht
- Beanspruchungsgerecht
- Werkstoffgerecht
- Herstellungsgerecht (prüf- und fertigungsgerecht)
- Wartungsfreundlich (gerecht für wiederkehrende Prüfungen)

Diese allgemeinen Anforderungen stehen in Wechselwirkung. Sie sind bei der konstruktiven Gestaltung in sinnvoller Kombination zu verknüpfen.

1.1.1 Funktionsgerechte, beanspruchungsgerechte Konstruktion

Bei der funktionsgerechten, beanspruchungsgerechten Konstruktion sind folgende Punkte zu beachten:

- Günstige Bedingungen für die Betriebsbelastungen unter Berücksichtigung der aus der Funktion der Komponente resultierenden Belastungen (z.B. Strömungskräfte und Schließkräfte).
 - Günstiger Spannungsverlauf auch in gestörten Bereichen (Stützen, Rohrböden, Gehäusen, Auflagerstellen, Wanddickenübergängen), um Dehnungsbehinderungen, die zu ungünstigen lokalen Spannungskonzentrationen führen, sinnvoll einzugrenzen.
 - Schroffe Wanddickenübergänge sind zu vermeiden. Dies gilt insbesondere für Komponenten die transienten Temperaturbelastungen unterliegen.
 - Rohrleitungen sind unabhängig von der Nennweite so zu verlegen, daß keine unzulässigen Belastungen (einschließlich Schwingungen) auftreten. Zum Nachweis der schwingungssicheren Verlegung sind in besonderen Fällen auch Schwingungsmessungen unter Betriebsbedingungen durchzuführen.
- Für Festpunkte von Rohrleitungen DN größer/gleich 250 und PN größer/gleich 40 und einer Auslegungstemperatur größer/gleich 100 °C, die zur Abtragung hoher Belastungen dienen, sind grundsätzlich geschmiedete Formteile zu verwenden (z.B. Ausführungsform d nach Bild 1.2.6).
- Schweißnähte sind möglichst nicht in den Bereich der höchsten Spannungen zu legen.

1.1.2 Werkstoffgerechte Konstruktion

Bei der werkstoffgerechten Konstruktion sind, unter Berücksichtigung der im jeweiligen Anwendungsfall gestellten Anforderungen, folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Festigkeit
- Zähigkeit, Duktilität
- Herstellbarkeit (Minimierung vor Herstellungsfehlern)

- Prüfbarkeit
- Korrosionsbeständigkeit
- Reparaturfähigkeit

Der Werkstoff ist in der für die aufzunehmenden Belastungen geeigneten Erzeugnisform (Bleche, Schmiedeteile, Stahlguß) einzusetzen. Die Formgebung bei Guß- und Schmiedeteilen ist so zu wählen, daß optimale Werkstoffeigenschaften bezogen auf die Erzeugnisform sicher erzielt werden.

Die Verwendung verschiedener Werkstoffe innerhalb einer Komponente ist auf das notwendige Maß zu beschränken.

1.1.3 Prüfgerechte Konstruktion

Durch die prüfgerechte Konstruktion ist die Prüfbarkeit mit zerstörungsfreien Prüfverfahren, insbesondere der Schweißnähte, sicherzustellen.

Bei der prüfgerechten Konstruktion sind folgende Punkte zu beachten:

- Schweißnähte sind so anzuordnen, daß Oberflächenrißprüfungen, US-Prüfungen und/oder Durchstrahlungsprüfungen mit ausreichender Fehlererkennbarkeit durchgeführt werden können.
- Kehlnähte an drucktragender Wand sind grundsätzlich nicht zugelassen. Anschweißungen an drucktragender Wand sind durchzuschweißen, so daß eine zerstörungsfreie Prüfung der Anschlußnaht möglich ist.

Ausnahmen sind möglich:

- Bei Anschweißungen auf austenitischen Schweißplattierungen.
- Bei Komponenten der Prüfgruppe A3 mit Betriebsnennspannung kleiner/gleich 50 N/mm².
- Falls durchgeschweißte Nähte zu deutlich ungünstigeren Konstruktionen führen als dies bei Einsatz von Kehlnähten der Fall ist.
- Bei Rohrleitungen DN kleiner/gleich 50.
- Grundsätzlich sind alle zugänglichen Schweißnahtoberflächen an drucktragender Wand eben und K-Nähte mit kerbfreiem Übergang zu verschleifen.

In folgenden Fällen genügt es, nur kerbfrei zu beschleifen:

- Rohrleitungen DN kleiner/gleich 150 oder PN kleiner/gleich 25
- Bauteile mit Wanddicken kleiner/gleich 10 mm.

Beschleifen kann entfallen bei:

- Rohrleitungen DN kleiner/gleich 50
- Austenitischen Schweißnähten, bei denen durch das Schweißen eine glatte Schweißnahtoberfläche erzeugt wird, so daß die Oberflächenrißprüfung, Durchstrahlungsprüfung und ggf. auch die US-Prüfung durchgeführt werden kann.

Bei Wanddicken kleiner/gleich 16 mm und bei Begrenzung der primären Membranspannungen entsprechend Tabelle 2.1.1 ist eine Schleifzugabe zur Wanddicke von 1 mm zu wählen.

- Gehäuse aus Stahlguß sind so zu gestalten, daß die Durchstrahlungsprüfung und die Oberflächenrißprüfung auch an der Innenoberfläche möglich sind. Nur in Bereichen niedriger

Betriebsnennspannungen (primäre Membranspannungen kleiner/gleich 50 N/mm²) sind Einschränkungen bzgl. der Durchstrahlungsprüfung zugelassen.

- Geschmiedete Gehäuse sind so herzustellen, daß die US-Prüfung am fertigen Stück oder am Schmiederohling nach der für den Werkstoff vorgeschriebenen Wärmebehandlung sowie die Oberflächenrißprüfung am Fertigteil möglich sind.
- Einseitig geschweißte Nähte sind, soweit technisch möglich, zu vermeiden. Ausnahmen sind nur zulässig, wenn die Prüfbarkeit mit zerstörungsfreien Prüfverfahren sichergestellt ist.

1.1.4 Fertigungstechnische Gesichtspunkte

Ziel ist, eine möglichst einfache Fertigung zu erreichen, bei der Fertigungsfehler weitgehend ausgeschlossen werden können.

Für die fertigungsgerechte Konstruktion gelten folgende Kriterien:

- Einsatz eines für den Anwendungsfall möglichst einfach zu verarbeitenden Werkstoffes.
- Es sind Erzeugnisformen und Wanddicken zu wählen, die günstige Voraussetzungen für die Verarbeitung und zerstörungsfreie Prüfung gewährleisten.
- Bei Teilen, die gummiert oder beschichtet werden, ist auf eine Formgebung zu achten, die den für die Beschichtung gestellten Anforderungen genügt.
- Schweißnähte sind so anzuordnen, daß die Fertigungstechnische Gesichtspunkte, wie z.B. Zugänglichkeit beim Schweißen (unter Beachtung der Vorwärmung) und Minimierung von Schweißspannungen berücksichtigt werden.
- Die Anzahl von Schweißnähten ist sinnvoll zu minimieren.
- Halteeisen (auch Hilfseisen) an ferritischen Wänden sind mindestens 2lagig anzuschweißen (die letzte Lage darf den Grundwerkstoff nicht berühren).
- einfache Montagebedingungen in Verbindung mit den erforderlichen Verankerungen sind bereits bei der Konstruktion der Komponenten zu berücksichtigen. Nachträgliches Anschweißen von Halteeisen ist grundsätzlich nicht erlaubt.

1.1.5 Wartungsfreundliche Konstruktion

Bei der Konstruktion von Komponenten ist auf eine möglichst einfache Wartung und gute Durchführbarkeit von wiederkehrenden Prüfungen zu achten.

Es sind folgende Punkte zu beachten:

- Möglichst einfache Durchführbarkeit von wiederkehrenden Prüfungen (gute Zugänglichkeit zur Prüfung bzw. visuellen Kontrolle, einfache Prüfgeometrien in den zerstörungsfreien prüfenden Bereichen sowie eindeutig definierte und reproduzierbare Prüfkriterien).
- Minimierung der Anzahl von Schweißnähten. Dies gilt insbesondere bei Komponenten, bei denen aus Strahlungsgründen eine erschwerte Zugänglichkeit besteht.
- Aktivität führende Komponenten sind so zu konstruieren, daß Ablagerungen soweit wie möglich vermieden werden.
- Schweißnähte im Sperrbereich nach Strahlenschutzverordnung sind so zu gestalten, daß die Rüstzeiten für die wiederkehrenden Prüfungen, insbesondere das Entfernen der Isolierung, möglichst kurz sind.

- Für die Innenbesichtigung von Komponenten sind, soweit für wiederkehrende Prüfungen erforderlich, Mannlöcher bzw. Besichtigungsöffnungen vorzusehen.
- Der Austausch von Verschleißteilen muß möglichst einfach und schnell durchgeführt werden können. Dies gilt insbesondere für Komponenten im Strahlenbereich.
- Bei Komponenten, die weder für wiederkehrende innere Prüfungen noch wiederkehrende zerstörungsfreie Prüfungen zugänglich sind, ist die Betriebsnennspannung auf max. 50 N/mm² zu begrenzen.

1.2 Vorschriften für Konstruktionsdetails

Die für die Basissicherheit von Komponenten wichtigsten Konstruktionsdetails sind wie folgt festzulegen:

1.2.1 Wanddickenübergänge, Durchmesserübergänge

Bei der Verbindung von Schalteilen unterschiedlicher Wanddicke ist ein stetiger Wanddickenübergang auszuführen. Bild 1.2.1/1 zeigt beispielhaft bzgl. US-Prüfbarkeit zulässige Ausführungsformen von Wanddickenübergängen. Andere spannungsgünstige Übergänge sind zulässig, wenn die geometrischen Voraussetzungen zur Durchführung der US-Prüfung nachgewiesen werden oder wenn nur eine Durchstrahlungsprüfung durchgeführt wird (siehe Tabellen 5.3/1 und 5.3/2). Bei Zugänglichkeit von zwei Wandseiten ist eine Abschrägung der dickeren Wand mit einer Neigung max. 1:3 zulässig.

Bild 1.2.1/2 zeigt beispielhaft zulässige Ausführungsformen von zylindrischen Durchmesserübergängen.

1.2.2 Mindestwanddicken

Ferritische Rohrleitungen DN größer/gleich 150 und ferritische druckführende Komponenten mit vergleichbaren Abmessungen sind grundsätzlich mit einer Wanddicke von größer/gleich 10 mm auszuführen. Für austenitische Komponenten beträgt die entsprechende Wanddicke größer/gleich 6 mm bei gleichen Abmessungen.

Ausnahmen sind bei kaltgehenden Niederdrucksystemen (Auslegungsdruck kleiner/gleich 25 bar) und Auslegungstemperatur kleiner/gleich 100 °C zugelassen.

1.2.3 Stützen

Für Stützen mit einem Innendurchmesser größer/gleich 120 mm und Wanddicken größer/gleich 15 mm ist grundsätzlich die Grundschaale im Ganzen zu verstärken unter Beachtung eines günstigen Spannungsverlaufs. Bei Abzweigen ist ein Durchmesser Verhältnis vom Stutzen zur Grundschaale bis zu 0,8 zulässig. Bei größerem Durchmesser Verhältnis ist ein Spannungsnachweis zu erbringen.

Es ist ein möglichst kleines Wanddicken Verhältnis vom Stutzen zur verstärkten Grundschaale anzustreben. Maximal ist ein Wanddicken Verhältnis von 1,3:1 zulässig.

Dieses Wanddicken Verhältnis kann in folgenden Ausnahmefällen größer sein:

- Die zusätzliche Wanddicke des Stutzens wird nicht zur Verstärkung des Stutzenausschnittes herangezogen, sondern aus konstruktiven Gründen gewählt (z.B. Mannloch-Blockflansch oder zusätzliche Sicherheit).
- Der Stutzen wird mit verkürztem Verstärkungsbereich ausgeführt (z.B. Stutzen, die aus Gründen der verbesserten Prüf-

barkeit des Rohrleitungsanschlusses konisch ausgebildet sind).

- Der Stutzen ist mit einem angeschmiedeten Übergang zur Grundschaale versehen (Ausführung d und e in Bild 1.2.3/1).
- Das Verhältnis von Stutzendurchmesser zum Durchmesser der Grundschaale ist kleiner/gleich 1:10 und der Stutzeninnendurchmesser ist kleiner/gleich 120 mm.

Bei großem Stutzendurchmesser im Vergleich zum Grundschaalendurchmesser ist das Wanddicken Verhältnis zu reduzieren. Im Falle einer 1:1-Abzweigung ist ein maximales Wanddicken Verhältnis von 1:1 zulässig.

Druckbehälterstützen größer/gleich 120 mm Innendurchmesser sind mit mindestens der 2-fachen Wanddicke wie die anschließenden Rohrleitungen auszuführen, wobei sich dieser Faktor auf die rechnerische Rohrwanddicke (Primärspannung) bezieht. Auf die Istwanddicke bezogen, muß dieser Faktor mindestens 1,5 betragen.

Stützen sind aus geschmiedeten Stangen (bei Stutzeninnendurchmessern kleiner/gleich 150 mm), nahtlos geschmiedeten Hohlkörpern oder nahtlosen Rohren herzustellen. Längsnahtgeschweißte Stützen können bei DN größer/gleich 300 und einem Durchmesser/Wanddicken Verhältnis des Stutzens von größer 15:1 eingesetzt werden.

Es können sowohl aufgesetzte als auch durchgesteckte Stützen verwendet werden. Aufgesetzte Stützen sind vornehmlich bei geschmiedeten und/oder dickwandigen Schalen zu verwenden.

Stützeinschweißungen sind grundsätzlich gegenschweißen. Ausnahmen sind erlaubt, wenn aus geometrischen Gründen (z.B. kleine Abmessungen Formstücke und Armaturen) Gegenschweißen nicht möglich ist. In diesen Fällen ist die Wurzel mechanisch zu bearbeiten. Ist in besonderen Ausnahmefällen die mechanische Bearbeitung der Wurzel nicht möglich, muß die Prüfbarkeit der Schweißnaht durch besondere Maßnahmen sichergestellt werden (enge Toleranz für Kantenversatz im Wurzelbereich gemäß Punkt 4.2.2 eindeutige Bedingungen für US-, ggf. Durchstrahlungsprüfung).

Bei schräg angesetzten Stützen sind eindeutige Einschweißbedingungen und Prüfbedingungen nachzuweisen.

Bei plattierten Druckbehältern bzw. Apparaten ist es zulässig, durchgesteckte Stützen DN kleiner/gleich 50 nur mit der Schweißplattierung zu verschweißen.

Bild 1.2.3/1 zeigt beispielhaft zulässige Ausführungsformen von Stützen an Druckbehältern. Bild 1.2.3/2 gilt beispielhaft für Stützen an Rohrleitungs- Formstücken und Armaturen.

1.2.4 Auflagerung von Komponenten

Die Krafteinleitung von Standzargen und Unterstützungspratzen in die Komponente ist günstig zu gestalten (bevorzugt verstärkte Schalteile). Bei warmgehenden Komponenten ist die Wärmeausdehnung zwischen zwei Auflagerpunkten zu beachten. Das gilt z.B. auch für stehende Druckbehälter, bei denen zur Abtragung von Schwingungsbelastungen eine seitliche Abstützung in einer zweiten Ebene erforderlich ist.

Bild 1.2.4 zeigt beispielhaft zulässige Ausführungsformen von Auflagerkonstruktionen für Druckbehälter und Apparate.

1.2.5 Rohrböden

An Rohrböden sind zum Anschluß der Zylinderschüsse zylindrische Ansätze vorzusehen, um die Schweißnaht in einem Bereich niedriger Spannung zu legen und die US-Prüfbarkeit dieser Naht

zu gestatten. Die Anschlußnaht des Zylinders an den Rohrboden ist grundsätzlich gegenschweißen, auf der Innenseite zu beschleifen und der Oberflächenrißprüfung zu unterziehen, d.h. sie sind grundsätzlich nicht als Schlußnaht auszuführen. Ausnahmen sind nur bei kleinen Abmessungen, die eine Zugänglichkeit von innen nicht gestatten, zulässig.

Bild 1.2.5 zeigt Beispiele typischer Ausführungsformen von Rohrböden.

Andere Ausführungsformen sind zulässig, wenn die geometrischen Voraussetzungen zur Durchführung der US-Prüfung nachgewiesen werden, oder nur eine Durchstrahlungsprüfung durchgeführt wird. Bei der Ausführungsform a nach Bild 1.2.5 ist es zulässig, daß die Prüflänge l_d nur an einer Nahtaußenseite vorhanden ist. Voraussetzung ist, daß bei der Herstellung die Innenseite für die US-Prüfung zugänglich ist.

Rohrbögen sind in der Regel aus Schmiedeteilen herzustellen. Zugelassen ist auch eine kombinierte Schmiede-Walzherstellung.

1.2.6 Rohrleitungen

Rohre und Krümmer über PN 40 sind grundsätzlich nahtlos auszuführen. Längsnahtgeschweißte Rohre (Schmelzschweißungen) sind für Niederdruckleitungen (PN kleiner/gleich 40) bei großem Durchmesser/Wanddickenverhältnis (größer/gleich 50) zulässig.

Rohrleitungskrümmer sind grundsätzlich mit geraden Rohrenden auszuführen. Das gilt grundsätzlich bei Wanddickenunterschieden zwischen Krümmer und anschließender Rohrleitung. Die Wanddickenübergänge sind so auszuführen, daß eindeutige Prüfbedingungen für die Anschlußnaht sichergestellt werden (siehe Punkt 1.2.1).

Der Biegeradius R von Krümmern muß größer/gleich 1,5 DN betragen. Um einen möglichst gleichmäßigen Spannungsverlauf innerhalb des Rohrleitungssystems zu erzielen und zur Vermeidung wesentlicher Wanddickenunterschiede zwischen Rohrleitung und Krümmer sind Biegeradien der Krümmer von größer 2 DN anzustreben. Wenn in Ausnahmefällen aufgrund der räumlichen Anordnung diese Biegeradien nicht eingehalten werden können, dürfen kleinere Biegeradien in Abstimmung mit der Behörde oder dem von ihr zugezogenen Sachverständigen (§ 20 AtG) ausgeführt werden. Voraussetzung hierfür sind jedoch z.B. gerade Rohrenden am Krümmer oder gleiche Wanddicke von Krümmer und Rohranschluß.

Geschweißte Anschlüsse an Rohrwandungen für Aufhängungen, Festpunkte oder Stoßbremsen sind mit durchgeschweißten Nähten anzuschließen. Bild 1.2.6 zeigt beispielhaft zulässige Ausführungsformen.

1.2.7 Kompensatoren

Beispiele für zulässige Ausführungsformen von Einwandkompensatoren sind in Bild 1.2.7 dargestellt. Mehrlagenkompensatoren sind nur für PN kleiner/gleich 40 zugelassen. Kompensatoren als Bestandteil der Rohrleitungen sind nur in begründeten Ausnahmefällen zulässig.

1.2.8 Blinddeckel

Mögliche Ausführungsformen von Blinddeckeln sind in Bild 1.2.8 beispielhaft dargestellt.

Bei gekümpelten Blinddeckeln (Ausführungsform a) sind alle Bodenformen (flachgewölbte Böden, Klöpperböden, Korbbogenböden und Halbkugelböden) zulässig.

Für ebene Blinddeckel (Ausführungsform b) sind Schmiedeteile einzusetzen. Die kombinierte Schmiede-Walzherstellung, wie

unter Punkt 1.2.5 beschrieben, ist ebenfalls zulässig. Bleche sind nur für Druckproben zugelassen.

Die Ausführungsform c gilt vornehmlich für Durchmesser kleiner/gleich 150 mm. Sie ist aus Schmiedestangen herzustellen. In der Regel ist die Anschlußnaht zu durchstrahlen.

2 Berechnung

2.1 Festigkeitsberechnung Berechnungsmethoden und Berechnungsanforderungen

2.1.1 Berechnung mit Spannungsanalysen

Begrenzung der zulässigen, aus der Summe der gleichzeitig wirkenden primären Membranspannungen nach der Schubspannungshypothese berechneten Vergleichsspannung auf $1/3$ Zugfestigkeit gemäß Tabelle 2.1.1.

Durch Spannungs- und Ermüdungsanalysen ist nachzuweisen, daß bei den auftretenden Lastfällen die vorgegebenen zulässigen Spannungen für alle Spannungskategorien (Primär- und Sekundärspannungen) eingehalten werden.

2.1.2 Berechnung mit Auslegungformeln

Begrenzung der zulässigen aus der Summe der gleichzeitig wirkenden primären Membranspannungen nach der Schubspannungshypothese berechneten Vergleichsspannung auf $1/4$ Zugfestigkeit gemäß Tabelle 2.1.2.

Für Rohrleitungen ist das Spannungsindexverfahren nach ASME NC 3650 zugelassen.

Die Konstruktionsrichtlinien dieser Rahmenspezifikation sind auch in diesem Falle anzuwenden.

2.1.3 Ermüdungsanalysen

Die Kriterien für die Durchführung von Ermüdungsanalysen und die anzuwendenden Berechnungsverfahren sind in Tabelle 2.1.3 dargestellt.

2.1.4 Schraubenberechnung

Für die Auslegung von Schrauben für Flanschverbindungen PN größer 25 gelten die zulässigen Spannungen gemäß Tabellen 2.1.1 und 2.1.2 entsprechend der Einstufung der Komponente in Prüfgruppe A1 bzw. A2/A3. Bei Flanschverbindungen, die zusätzlich zum Innendruck noch durch höhere Kräfte und Momente belastet sind, ist die zulässige Spannung der Schrauben, bezogen auf den Innendruck, auf $1/3 \cdot R_{p0,2T}$ zu begrenzen.

Für Flanschverbindungen PN kleiner/gleich 25 und für Serienprodukte gelten die Anforderungen nach AD-Merkblatt W 7.

2.1.5 Zulässige Spannungen

Ergänzend zu den in den Tabellen 2.1.1 und 2.1.2 angegebenen Kriterien für die zulässigen Spannungen, sind in Tabelle 2.1.5 die bei typischen Beanspruchungen und Geometrien auftretenden Spannungskategorien angegeben.

Die zulässigen Werte für S_m und S werden für die Werkstoffe nach Tabelle 3.1 gesondert tabellarisch festgelegt.

2.1.6 Belastungen

Es ist im Einzelfall zu prüfen, ob und in welcher Kombination die nachfolgenden Belastungen zutreffen:

Statische Lasten

- Betriebsdruck, Betriebstemperatur
- Kräfte und Momente infolge Eigengewicht einschließlich Reaktionskräfte von Auflagerungen und Rohrleitungsanschlüssen
- Lasten durch postulierte Störfälle
- Lasten durch Druckprüfung oder Funktionsprüfung
- Montagelasten

Transiente Betriebslasten

Schwingende und dynamische Belastungen

- Kräfte und Momente resultierend aus der Funktion der Komponente bei Betrieb und Funktionsprüfungen (Strömungskräfte, Schließkräfte, Einbauten, Verkehrslasten etc.).
- Schwingende und dynamische Belastungen bei postulierten Störfällen und bei Einwirkung von außen (EVA) unter Berücksichtigung der strukturdynamischen Randbedingungen (z.B. Beeinflussung durch Gebäude, Auflager bzw. Aufhängungen, Rohrleitungen und benachbarte Komponenten).

2.1.7 Lastfälle

In der Regel sind die in Tabelle 2.1.7 angegebenen Lastfälle zu berücksichtigen. Sie sind für die jeweilige Komponente in den Systemblättern bzw. Komponentenblättern im einzelnen festzulegen.

Auslegungslastfall

Die Auslegung der Komponenten ist auf der Grundlage des spezifizierten Auslegungsüberdruckes, der Auslegungstemperatur und der mechanischen Lasten vorzunehmen. Auslegungsüberdruck und Auslegungstemperatur sind so festzulegen, daß die maximalen Drücke und Temperaturen in dem jeweiligen Systemabschnitt (z.B. Ansprechen der Sicherheitsventile) abgedeckt werden.

Die Komponenten eines Systemabschnittes sind für den gleichen Druck auszulegen, soweit dies zur Durchführung von Systemdruckprüfungen erforderlich ist.

Nach dem Ansprechen der Sicherheitsventile darf der Auslegungsdruck kurzzeitig um 10 % überschritten werden (mit dem damit verbundenen Anstieg der Temperatur). Für diesen Fall sind keine gesonderten Spannungsnachweise erforderlich.

Es sind alle aus Transport, Montage und Aufstellungsort bedingten Lasten zu beachten.

Bestimmungsgemäßer Betrieb:

- Lastfall A (Normalbetrieb)
- Lastfall B (Anomaler Betrieb)

Der bestimmungsgemäße Betrieb ist definiert gemäß "Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke", BMI, 21. Oktober 1977, Abschnitt 3.1.

- Störfälle: Lastfall C (Notfall)
Lastfall D (Schadensfall)

Störfälle sind definiert gemäß "Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke", BMI, 21. Oktober 1977, Abschnitt 3.1.

2.2 Analysen aufgrund von Bruchannahmen

In Verbindung mit der Basissicherheit sind folgende Bruchannahmen zu treffen:

- Unterkritische Risse in den Schweißnähten von Komponenten
- Bei Rohrleitungen DN größer/gleich 50 zusätzlich überkritische (instabile) Rundrisse an hochbelasteten Rundnähten, wenn eines von zwei Kriterien zutrifft:
 - a) Betriebsdruck (Lastfall A) größer/gleich 20 bar oder
 - b) Betriebstemperatur (Lastfall A) größer/gleich 100 °C
 und zusätzlich hierzu auch noch die beiden weiteren Kriterien überschritten werden
 - c) Benutzungszeit größer 2 % und
 - d) Betriebsnennspannung größer 50 N/mm²

Wenn die Analysen zeigen, daß bei derartigen Bruchannahmen Auswirkungen auftreten können, die durch die Auslegung der Anlage nicht abgedeckt werden, sind zusätzliche Maßnahmen erforderlich. Diese können z.B. verfahrenstechnische Maßnahmen, sekundäre Schutzmaßnahmen oder zusätzliche, absichernde Maßnahmen zum Bruchausschluß sein.

Soweit nicht weitergehende absichernde Maßnahmen zum Bruchausschluß angewendet werden, sind in Tabelle 2.2 für die derzeit bestehenden Druckwasserreaktor-konzepte die Bruchannahmen und erforderlichen Störfallanalysen angegeben.

3 Werkstoffe

3.1 Werkstoffe für druckführende Wandungen

Für die druckführenden Wandungen von Komponenten, die den Bedingungen der Basissicherheit entsprechen, sind die in Tabelle 3.1 genannten Stähle mit den dort angegebenen Sonderanforderungen zu verwenden.

Die ferritischen Stähle sind in die Werkstoffgruppen W I und W II eingeteilt. Tabelle 1 zeigt die Kriterien für den Anwendungsbereich der Werkstoffgruppen und die Zuordnung zu den Prüfgruppen A1 bis A3.

3.2 Schraubenwerkstoffe

Es sind die in Tabelle 3.2 genannten Schraubenwerkstoffe mit den dort angegebenen zusätzlichen Anforderungen zu verwenden.

3.3 Werkstoffe für Sonderanwendungen

Werden aufgrund besonderer Beanspruchungen (z.B. Erosion, Korrosion, Temperatur, Verschleiß) weitere Werkstoffe erforderlich, können auf die jeweiligen Anforderungen abgestimmte Stähle eingesetzt werden.

Bei erosionsbelasteten Komponenten (z.B. HD-Anzapfleitung) sind z.B. Cr-Stähle, CrMo-Stähle, oder CrMoV-Stähle zulässig.

Für korrosionsbelastete Komponenten z.B. der gesicherten Nebenköhlwasserversorgung können z.B. duktilen Gußeisen für Rohre, Pumpen und Armaturen oder Betonrohre verwendet werden.

Die Bedingungen sind im Einzelfall in Abstimmung mit der Behörde oder dem von ihr zugezogenen Sachverständigen festzulegen.

3.4 Schweißzusatzwerkstoffe

Für das Schweißgut gelten entsprechende Mindestwerte für Zähigkeit und Festigkeit wie für die Grundwerkstoffe, denen sie zugeordnet werden.

Die zur Verwendung kommenden Schweißzusatzwerkstoffe sind auf den Anwendungsfall abzustimmen.

Die Schweißzusatzwerkstoffe sind durch Eignungsprüfungen zu qualifizieren.

3.5 Qualifizierung der Werkstoffe (Begutachtung)

Ferritische Werkstoffe

Werkstoffgruppe W I

Für die ferritischen Stähle der Werkstoffgruppe W I sind auf Hersteller und Erzeugnisform bezogene ergänzende Werkstoffbegutachtungen in Abstimmung mit dem Sachverständigen durchzuführen.

Für die Anwendung gemäß dieser Rahmenspezifikation gilt die Begutachtung der Werkstoffe 15 MnNi 63 und 20 MnMoNi 55 prinzipiell als abgeschlossen. Ergänzungen sind erforderlich, wenn neue Hersteller bzw. neue Erzeugnisformen eingesetzt werden. In diesen Fällen sind entsprechende Begutachtungen erforderlich, bei denen von den bestehenden Erkenntnissen auszugehen ist und gezielte Nachweise zu führen sind.

Werkstoffgruppe W II

Die ferritischen Stähle der Werkstoffgruppe W II sind entsprechend den in Tabelle 3.1 enthaltenen Anforderungen als Sondergüte auszuweisen.

Austenitische Werkstoffe

Anmerkung

Im Hinblick auf das Schweißgut von austenitischen Werkstoffen werden z.Z. ergänzende projektunabhängige Untersuchungen an Großplatten durchgeführt. Dabei wird der Einfluß unterschiedlicher Zähigkeit im Schweißgut untersucht. Nach Abschluß dieser Untersuchungen werden die in dieser Rahmenspezifikation festgelegten Anforderungen an die Kerbschlagzähigkeit überprüft.

4 Herstellung

4.1 Herstellerqualifizierung

Für die Herstellung von Komponenten, die den Bedingungen der Basissicherheit genügen, sind nur qualifizierte Hersteller zugelassen, die über eine zuverlässige Qualitätssicherung verfügen.

Bei der Herstellerqualifikation sind Personal, Fertigungseinrichtungen, Prüfeinrichtungen, Fertigungsverfahren und die Qualitätssicherung des Herstellers zu berücksichtigen.

Die hierbei zu erfüllenden Anforderungen sind mit der Behörde oder dem von ihr beauftragten Sachverständigen (§ 20 ATG) abzustimmen.

Für die Herstellung von Erzeugnisformen sind als Mindestvoraussetzung die Anforderungen nach AD-Merkblatt W 0 und für die Herstellung von Komponenten die nach AD-Merkblatt HP 0 zu erfüllen.

Weiterhin sind die Anforderungen, die der Reaktoranlagenlieferer gemäß Qualitätssicherungsprogramm an die Qualitätssicherung

des Komponenten- bzw. Erzeugnisformherstellers stellt, zu erfüllen.

4.2 Herstellungsunterlagen

Vor Beginn der Fertigung müssen auf den jeweiligen Fertigungsabschnitt bezogene, vorgeprüfte Herstellungsunterlagen und Prüfunterlagen vorliegen. Im jeweiligen Anwendungsfall sind dies, soweit erforderlich, z.B. Zeichnungen, Schweißpläne, Wärmebehandlungspläne, Reparaturpläne sowie Prüfanweisungen, Filmlagepläne, Druckprüfungspläne.

Zur Erfassung der bei der Herstellung durchzuführenden Prüfungen sind auf die Fertigungsfolge abgestimmte Prüffolgepläne zu erstellen.

4.3 Fertigungsüberwachung

Die Fertigungsüberwachung, Durchführung von Prüfungen und Dokumentation sind Aufgabe der unabhängigen Qualitätsstelle des Herstellers. Der Hersteller muß für alle Maßnahmen des Qualitätsnachweises über eine systematische Ablauforganisation verfügen und nach einer schriftlichen Anweisung in auditfähiger Form (QS-System) vorgehen. Durch den Antragsteller/Reaktoranlagenlieferer und den Sachverständigen ist die Wirksamkeit der Qualitätssicherung des Komponentenherstellers in ausreichendem Umfang zu überprüfen.

4.4 Herstellungsanforderungen

4.4.1 Schweißen

Schweißerqualifikation, Schweißverfahren, Verfahrensprüfung

Zur Durchführung von Schweißarbeiten sind nur Schweißer mit nachgewiesener Eignung (DIN 8560) zugelassen. Die zum Einsatz kommenden Schweißverfahren sind durch Verfahrensprüfungen zu qualifizieren. Dabei sind für Grundwerkstoff, Schweißgut und WEZ die spezifizierten Güteanforderungen nachzuweisen. Es ist sicherzustellen, daß mit den gewählten Schweißparametern die erforderlichen mechanisch-technologischen Eigenschaften erreicht werden. Über den Fertigungszeitraum sind Arbeitsprüfungen durchzuführen, die eine Überwachung der Qualität der Schweißungen (einschl. Schweißerqualifikation) erlaubt. Die Qualität der Schweißzusatzwerkstoffe ist im Zuge der Herstellung sicherzustellen und bei der Verarbeitung zu gewährleisten. Für Verbindungsschweißungen und Plattierungen sind nur nach VdTÜV Merkblatt 1753 eignungsgeprüfte Zusatzwerkstoffe zugelassen. Darüber hinaus sind die in dieser Rahmenspezifikation gestellten zusätzlichen Zähigkeitsanforderungen zu erfüllen.

Schweißbedingungen, Härte, Spannungsarmglühen

Die Schweißbedingungen für ferritische Werkstoffe sind so zu wählen, daß in der Schweißverbindung werkstoffbezogen möglichst niedrige Härtewerte erreicht werden (Einzelwerte max. zulässig bis ca. 350 HV 10).

Vergütungslagen, Wärmenachbehandlungen

Um in der WEZ von ferritischen Schweißverbindungen möglichst hohe Zähigkeit, niedrige Härtewerte und hohe Sicherheit gegen das Auftreten von selektiver Korrosion zu erreichen ist grundsätzlich die Vergütungslagenteknik (Temper-bead-Technik) anzuwenden.

In Fällen, in denen die Vergütungslagenteknik nicht angewendet werden kann (Einseitennähte), ist grundsätzlich eine Wärmenachbehandlung (Spannungsarmglühung) erforderlich.

Bei Werkstoffen mit einer Kaltstreckgrenze kleiner/gleich 300 N/mm² kann die Spannungsarmglühung unterhalb der Glühgrenze nach AD-Merkblatt HP 0 entfallen.

Bei Schweißnähten, die spannungsarmgeglüht werden, kann werkstoffabhängig das Schweißen von Vergütungsstufen entfallen.

Schweißreparaturen

Werden an Grundwerkstoff oder Schweißverbindungen Schweißreparaturen erforderlich, gelten die obigen Anforderungen.

4.4.2 Kantenversatz

Einseitig geschweißte, von innen nicht beschliffene Nähte

Für alle Komponenten muß die Schweißnahtvorbereitung für einseitig geschweißte Nähte entsprechend DIN 2559 so erfolgen, daß die Innendurchmesser der zu verschweißenden Teile im Wurzelbereich um nicht mehr als 0,5 mm voneinander abweichen (maximal 0,3 mm bei DN kleiner/gleich 120).

Diese Anforderungen gelten für ferritische und vorläufig auch für austenitische Werkstoffe.

Rohrleitungen sind bevorzugt mechanisch auf Innendurchmesser zu bearbeiten (s. Bild 4.2.2). Durchmesserreduktionen im Schweißnahtbereich sollen wegen der Spannungskonzentration z.B. aus behinderter Wärmedehnung möglichst klein gehalten werden. Dies wird z.B. durch Bestellung der Rohre auf Innendurchmesser oder Kalibrierung der Rohrenden und/oder Auswahl der miteinander zu verschweißenden Rohre erreicht.

Mit diesen Maßnahmen sind in Verbindung mit der mechanischen Bearbeitung eindeutige Voraussetzungen für die Wurzelschweißung zu schaffen.

Zum Schweißen sind die Rohre zur Anpassung der Wurzellippen zu zentrieren. Nach dem Zusammenbau hat eine Kontrolle der Zentrierung zu erfolgen, um die Voraussetzungen für eine einwandfreie Wurzelschweißung sicherzustellen. Diese Kontrolle soll visuell und soweit erforderlich, durch Nachmessen mit einer Lehre durchgeführt werden. Messungen des Kantenversatzes über die Außenoberfläche und Wanddicke (im gehefteten und im fertig geschweißten Zustand) sind nur in Sonderfällen erforderlich.

Kantenversätze nach dem Zusammenschweißen sind entsprechend ASME-Code Section III, NB 4233, zulässig.

Durch eine einwandfreie Wurzelschweißung muß eine eindeutige Beurteilung des Wurzelbereichs bei der Schweißnahtprüfung (US- und Durchstrahlungsprüfung) erreicht werden. Für Schweißnähte, die der US-Prüfung zu unterziehen sind, ist die Einschallung von zwei Nahtseiten erforderlich. Um dies bei Anschlußnähten von Krümmern sicherzustellen, sind bevorzugt Krümmer mit geraden Rohrenden einzusetzen oder es ist zu zeigen, daß die Einschallung ohne die geraden Rohrenden möglich ist (z.B. bei großen Krümmerradien bzw. großen Krümmerabmessungen).

Innen und außen beschliffene Schweißnähte

Wenn es vom Durchmesser oder von der Fertigungsfolge her möglich und zulässig ist, ist gegenzuschweißen sowie die Schweißnaht von innen und außen zu beschleifen.

Der Kantenversatz darf vor dem Verschleifen folgende Werte nicht überschreiten.

| | | |
|------------|--------------------|---------------------|
| Prüfgruppe | A1 | A2, A3 |
| | (0,1 s; max. 2 mm) | (0,15 s; max. 3 mm) |

Bei größeren Wanddicken und Durchmessern können bei gegenschweißten Nähten in Abstimmung mit dem Sachverständigen

größere Kantenversätze vor dem Verschleifen bzw. größere lokale Kantenversätze (z.B. in Anlehnung an ASME NB 4232) zugelassen werden, wenn der Kantenversatz in einem Winkel von kleiner/gleich 5° verschliffen wird (Kriterium Prüfbarkeit).

4.4.3 Nahtunterschleifungen

Nahtunterschleifungen sind möglichst zu vermeiden. Sie sind unzulässig, wenn dadurch die Prüfbarkeit der Naht beeinträchtigt wird und/oder die zulässigen Beanspruchungen überschritten werden. (Es ist zu beachten, daß durch lokale, flach ausgemuldete Unterschleifungen die allgemeinen primären Membranspannungen nicht erhöht werden). Auftragsschweißungen sind zu vermeiden. Wanddickenunterschreitungen sind zu registrieren.

4.4.4 Druckprüfung

Nach Fertigstellung der Komponenten ist in der Regel eine Wasserdruckprüfung durchzuführen.

Der Prüfdruck beträgt:

1,3 mal Auslegungsdruck (unabhängig vom Verhältnis der Streckgrenzen kalt/warm)

Bei Luftdruckprüfungen sind die Bedingungen im Einzelfall mit der Behörde oder dem von ihr beauftragten Sachverständigen (§ 20 AtG) abzustimmen.

Bei Stahlguß ist im Werk eine Dichtheitsprüfung (z.B. Nekal) und eine Wasserdruckprüfung mit 1,5fachem Auslegungsdruck durchzuführen.

5 Prüfungen

5.1 Vorprüfung

Es dürfen nur solche Komponenten verwendet werden, die vom Hersteller und von der zuständigen Behörde oder dem im atomrechtlichen Genehmigungsverfahren zugezogenen Sachverständigen (§ 20 AtG) vorgeprüft sind. Der Reaktoranlagenlieferer gibt dem Komponentenhersteller die den Vorprüfunterlagen (Konstruktion, Berechnung) zugrunde zu legenden Auslegungsbedingungen und Lastangaben vor.

5.2 Werkstoffprüfungen

Die erforderlichen Zähigkeitsnachweise für die einzelnen Erzeugnisformen sind in den Tabellen 5.2/1, 5.2/2 und 5.2/3 dargestellt.

Tabelle 5.2/4 zeigt den Umfang der zerstörungsfreien Prüfungen an den Erzeugnisformen.

Für den Nachweis besonderer Eigenschaften in Dickenrichtung gelten die Anforderungen nach Tabelle 5.2/5.

Die erforderliche Zeugnisbelegung für die einzelnen Prüfgruppen ist in Tabelle 5.2/6 angegeben.

5.3 Bauprüfungen

Der Hersteller hat alle Qualitätseigenschaften zu prüfen. Die Prüfungen des Herstellers sind durch Audits und Überprüfungen des Reaktoranlagenlieferers zu ergänzen. Die zuständige Behörde oder der im atomrechtlichen Genehmigungsverfahren zugezogene Sachverständige (§ 20 AtG) werden in erforderlichem Umfang entsprechend der Fertigungsfolge die Qualitätseigenschaften, die für die Integrität von Bedeutung sind, prüfen.

Der Prüfumfang für den Qualitätsnachweis für Behälter, Rohrleitungen, Armaturen, Apparate und Pumpen ist in den Tabellen 5.3/1 und 5.3/2 nach drei Prüfgruppen (A1, A2, A3) festgelegt.

Hierbei gelten folgende Grundsätze:

- Die Einteilung in drei Prüfgruppen gestattet bei gleicher Basissicherheit eine Abstufung des Prüfumfanges, abhängig von den Abmessungen und Belastungen (siehe Tabelle 1).
- Die Anforderungen zur Gewährleistung einer optimalen Prüfbarkeit gelten unabhängig von der Prüfgruppe und dem Prüfumfang.
- In allen drei Prüfgruppen sind die Schweißnähte einer optimalen 100 %igen Oberflächenrißprüfung zu unterziehen.
- Schweißnähte sind bevorzugt der US-Prüfung zu unterziehen.
- Durchstrahlungsprüfungen sind dort anzuwenden, wo durch dieses Verfahren eine bessere Prüfaussage erreicht wird. Durchstrahlungsprüfungen können in gezieltem Umfang z.B. auch im Zuge von stichprobenweisen Nachprüfungen eingesetzt werden (als unterschiedliches Prüfverfahren insbesondere bei Rundnähten).
- Bei gleicher Prüfempfindlichkeit sind in den Prüfgruppen A1 - A3 folgender Herstellerprüfumfang vorzusehen:
 Prüfumfang für Schweißnahtprüfungen (US- oder Durchstrahlungsprüfung)

| | |
|----------------------|-----------------|
| Prüfgruppe A1 und A2 | 100 % |
| Prüfgruppe A3 | mindestens 10 % |

 Detaillierte Angaben siehe Tabelle 5.3/1
- Stichprobenweise Prüfungen durch den Hersteller setzen voraus, daß eine ausreichend hohe Verarbeitungssicherheit vorliegt, mit der unzulässige Fehler auszuschließen sind.
- Der Sachverständige (§ 20 AtG) führt die zerstörungsfreie Prüfung an den Schweißnähten in ausreichendem Umfang durch. Die zuständige Behörde oder der im atomrechtlichen Genehmigungsverfahren zugezogene Sachverständige (§ 20 AtG) werden den erforderlichen Umfang zur Überprüfung der Qualitätseigenschaften, die für die Integrität von Bedeutung sind, anordnen bzw. die Überprüfung durchführen.
- Stichprobenweise Prüfungen durch die Behörde oder den von ihr zugezogenen Sachverständigen (§ 20 AtG) sind frei wählbar. Bei Fehlerbefund erhöht sich der stichprobenweise Prüfumfang.

5.4 Dokumentation

In der Dokumentation sind folgende Unterlagen bzw. Prüfergebnisse zu erfassen:

- Vorprüfunterlagen
- Ergebnisse der Werkstoffprüfungen
- Ergebnisse der Bauprüfungen

Sie sind vom Komponentenhersteller in übersichtlicher Form zu dokumentieren und vom Antragsteller/Lieferer der Behörde oder dem von ihr beauftragten Sachverständigen (§ 20 AtG) zur Überprüfung vorzulegen.

6 Wiederkehrende Prüfungen

6.1 Basismessungen

Als Basismessungen für die wiederkehrenden Prüfungen gelten die im Zuge der Fertigung durchgeführten zerstörungsfreien Prüfungen, wenn sie mit der gleichen Technik durchgeführt werden, die für die spätere Wiederholungsprüfung vorgesehen ist.

Soweit gemäß Tabelle 5.3/1 keine zerstörungsfreien Prüfungen nach der Erstdruckprüfung erforderlich sind, werden die letzten Prüfungen vor der Erstdruckprüfung anerkannt.

Basismessungen (Nullmessungen) vor oder nach der Druckprobe sind erneut erforderlich, wenn beabsichtigt wird, zur Durchführung von wiederkehrenden Prüfungen andere Prüfmethoden als bei den ersten Fertigungsprüfungen einzusetzen.

6.2 Wiederkehrende Prüfungen an Druckbehältern

Bei Druckbehältern sind regelmäßige innere Prüfungen alle vier Jahre und wiederkehrende Wasserdruckprüfungen alle acht Jahre durchzuführen.

Die inneren Prüfungen sind vornehmlich visuelle Besichtigungen. Zerstörungsfreie Prüfungen sind durchzuführen, wenn die Besichtigung zu keiner ausreichenden Aussage führt. Darüberhinaus sind grundsätzlich zerstörungsfreie Prüfungen stichprobenweise an repräsentativen Stellen durchzuführen.

Im Anschluß an die wiederkehrende Wasserdruckprüfung sind zerstörungsfreie Prüfungen an solchen Schweißnähten durchzuführen, die im Hinblick auf Beanspruchung, Fertigungsverfahren und Werkstoff hinreichend repräsentativ sind. Die Einzelheiten sind im Prüfplan festzulegen. Wiederkehrende Druckprüfungen sind mit dem Druck der Erstdruckprüfung bzw. mit dem Prüfdruck des Systems durchzuführen, in das der Druckbehälter eingebaut ist.

6.3 Wiederkehrende Prüfungen an Rohrleitungen, Armaturen und Pumpen

Wiederkehrende Prüfungen sind auf repräsentative Rohrleitungsschweißnähte und Stellen mit besonderen Beanspruchungen auszurichten. Dies sind z.B. Anschlußnähte von Krümmern oder Formstücken, die durch Kräfte und Momente infolge behinderter Wärmedehnung zusätzlich besonders beansprucht werden.

Die Prüfungen sind so durchzuführen, daß innerhalb eines Zeitraumes von acht Jahren der mit der Behörde oder dem von ihr beauftragten Sachverständigen (§ 20 AtG) abgestimmte, repräsentative Prüfumfang erfaßt wird.

6.4 Plan für die wiederkehrenden Prüfungen

Vom Reaktoranlagenlieferer und Betreiber sind Pläne für die Durchführung der wiederkehrenden Prüfungen zu erstellen und mit der Behörde oder dem von ihr beauftragten Sachverständigen abzustimmen.

Tabellen

- 1 Einteilung der Prüf- und Werkstoffgruppen
- 2.1.1 Zulässige Spannungen und Spannungskategorien (Gruppe A1)
- 2.1.2 Zulässige Spannungen (Gruppe A2, A3)
- 2.1.3 Kriterien für die Durchführung von Ermüdungsanalysen und zulässige Berechnungsverfahren
- 2.1.5 Spannungskategorien für typische Beanspruchungen und Konstruktionen
- 2.1.7 Prinzipielle Überlagerung von Belastungen und Einstufung in Lastfälle
- 2.2 Bruchannahmen für Rohrleitungen und zu berücksichtigende Belastungen für einen DRW
- 3.1 Werkstoffe mit besonderen Anforderungen
- 3.2 Schraubenwerkstoffe
- 5.2/1 Zähigkeitsnachweis für Bleche, Werkstoffgruppen W I und W II
- 5.2/2 Schmiedestücke, Werkstoffgruppen W I und W II
- 5.2/3 Zähigkeitsnachweis für Rohre, Werkstoffgruppen W I und W II
- 5.2/4 Umfang der zerstörungsfreien Prüfungen an Erzeugnisformen durch den Hersteller
- 5.2/5 Anforderungen an Konstruktion aus ferritischen Werkstoffen mit Beanspruchungen senkrecht zur Wand
- 5.2/6 Zeugnisbelegung für Prüfungen an Erzeugnisformen
- 5.3/1 Bauprüfungen durch den Hersteller
- 5.3/2 Durchführung der US-Prüfungen

Bilder

- 1.2.1/1 Beispiele für zulässige Wanddickenübergänge von drucktragenden Wänden (US-Prüfung von der Außenseite)
- 1.2.1/2 Ausführung von zylindrischen Durchmesserübergängen (Beispiele)
- 1.2.3/1 Ausführung von Stutzen für Druckbehälter (Beispiele)
- 1.2.3/2 Ausführung von Formstücken für Rohrleitungen und Armaturen, Beispiele für einseitig geschweißte Nähte
- 1.2.4 Ausführung von Standzargen und Unterstützungen (Beispiele)
- 1.2.5 Ausführung von Rohrbödenanschlüssen (US-Prüfbarkeit von außen, Beispiele)
- 1.2.6 Ausführung von geschweißten Anschlüssen an Rohrwandungen für Aufhängungen und Festpunkte (Beispiele)
- 1.2.7 Ausführungen von Kompensatoren (Beispiele)
- 1.2.8 Ausführung von Blinddeckeln (Beispiele)
- 4.2.2 Toleranzen der Schweißkanten bei einseitig geschweißten Nähten (Rohrleitungsrundnähte)

Abkürzungsverzeichnis

| | | | |
|----------------------|---|------------|---|
| EVA Lastfälle | Belastung durch Einwirkungen von außen Dies sind: Flugzeugabsturz oder Erdbeben oder Gaswolkenexplosion. | P_e | Sekundärspannung ¹⁾ durch Ausdehnungsbehinderung z.B. bei Unterstützungsstrukturen |
| Lastfall A | Normalbetrieb der Komponente (einschl. An- und Abfahren) | Q | Sekundärspannung ¹⁾ einschließlich Wärmespannung |
| Lastfall B | Anomaler Betrieb Resultiert aus Fehlfunktion von Bauteilen oder Systemen. Die Fortführung des Betriebs wird dadurch nicht beeinträchtigt. | F | Spitzenspannung |
| Lastfall C | Notfälle Bei Notfällen ist ein Abschalten der Anlage zur Wiederherstellung des betriebsbereiten Zustandes der Anlage erforderlich. | S_a | Zulässige Spannungsamplitude bei wechselnden Belastungen |
| Lastfall D | Schadensfälle Über Lastfall C hinaus kann eine Überprüfung, Reparatur oder Auswechslung der Komponente erforderlich sein. | S_m | Zulässiger Spannungswert für allgemeine primäre Membranspannungen P_m bei Spannungsabsicherung nach $1/3$ Zugfestigkeit gemäß Tabelle 2.1.1 |
| Betriebsnennspannung | Allgemeine primäre Membranspannung P_m infolge Beanspruchung im Normalbetrieb (Lastfall A). | S | Zulässiger Spannungswert für allgemeine primäre Membranspannungen P_m bei Spannungsabsicherung nach $1/4$ Zugfestigkeit gemäß Tabelle 2.1.2 |
| A_v | Kerbschlagarbeit | NDT | Spröbruchübergang (bezogen auf Fallgewichtproben) |
| R_p | Dehngrenze | T_{NDT} | NDT-Temperatur (auf Basis von Fallgewichtproben ermittelt) |
| $R_{p,0,2}$ | 0,2 Dehngrenze | RT_{NDT} | Referenz NDT-Temperatur (auf Basis von Fallgewichtproben ermittelt und zusätzlich durch Kerbschlagbiegeversuche korrigiert, damit bei $RT_{NDT} + 33$ K auch eine vorgeschriebene Kerbschlagarbeit und laterale Breitung erreicht wird) |
| $R_{p,0,2 RT}$ | 0,2 Dehngrenze bei Raumtemperatur | | |
| $R_{p,0,2 T}$ | 0,2 Dehngrenze bei Auslegungstemperatur | | |
| $R_{p,1,0}$ | 1 % Dehngrenze | d_p | Anpaßdurchmesser für Rohrleitungsnähte |
| $R_{p,1,0 RT}$ | 1 % Dehngrenze bei Raumtemperatur | s | Wanddicke |
| $R_{p,1,0 T}$ | 1 % Dehngrenze bei Auslegungstemperatur | DN | nominaler Durchmesser (Nennweite) |
| R_m | Zugfestigkeit | DP | Nenndruck |
| $R_{m RT}$ | Zugfestigkeit bei Raumtemperatur | P | Auslegungsüberdruck |
| $R_{m T}$ | Zugfestigkeit bei Auslegungstemperatur | R | Biegeradius von Krümmern |
| P_m | Allgemeine primäre Membranspannung | R | Biegeradius von Krümmern |
| P_l | Lokale primäre Membranspannung (einschl. P_m) | GW | Grundwerkstoff |
| P_b | Primäre Biegespannung | SG | Schweißgut |
| | | WEZ | Wärmeeinflußzone |

¹⁾ Sekundärspannungen sind u. a. dadurch gekennzeichnet, daß sie durch örtlich zulässiges Fließen abgebaut werden können. Durch behinderte Wärmedehnung hervorgerufene Spannungen, die dieses Kriterium nicht erfüllen, sind als Primärspannungen zu behandeln.

- Nur für die Sachverständigen der TÜV bestimmt - Nachdruck nicht gestattet -

| Prüfgruppe | Auslegungsspannung ¹⁾ | Werkstoffe ²⁾ | | Zusätzliche Bedingungen für die Einstufung | |
|------------|--|--------------------------|--|--|--|
| | | Ferrit | Austenit | | |
| A1 | ¹ / ₃ Zugfestigkeit: entsprechend Tab. 2.1.1 | WI | in allen Prüfgruppen grundsätzlich gleich | A1/WI | Stutzen DN ≤ 50 und Halteeisen, z.B. zur Unterstützung, können aus Werkstoffen gemäß Werkstoffgruppe WII hergestellt werden |
| A2 | ¹ / ₄ Zugfestigkeit: entsprechend Tab. 2.1.2 | | | A2/WI | |
| A3 | | WII | | A2/WII | Rohrleitungen, Pumpen und Armaturen DN > 150 und Druckbehälter mit Wanddicke s > 16 mm nur dann, wenn: Betriebsnennspannung ≤ 50 N/mm ² |
| | | | | A3/WIII | 1. Rohrleitungen, Pumpen und Armaturen nur wenn DN ≤ 150 und PN ≤ 25 2. Rohrleitungen DN > 150 und Druckbehälter nur, wenn all nachstehenden Bedingungen eingehalten werden: a) Betriebsnennspannung ≤ 50 N/mm ² b) Auslegungstemperatur < 100 °C c) Auslegungsdruck ≤ 25 bar d) Wanddicke ≤ 16 mm |

Bei ferritischen Werkstoffen beträgt die Wanddicke bei Abmessungen entsprechend DN ≥ 150 grundsätzlich mind. 10 mm (bei Austenit 6 mm). Siehe Punkt 1.2.2.

Komponenten aus Werkstoff 20 MnMoNi 55, 15 NiCuNb 5 und GS-18 NiMoCr 37 werden immer in A1 eingestuft.

Für Rohrleitungen, Stutzen, Pumpen und Armaturen DN ≤ 50 können Werkstoffe nach Regelwerk ohne Sonderanforderungen eingesetzt werden. Die Einstufung erfolgt entsprechend A3.

¹⁾ Ermüdungsanalyse nach Tabelle 2.1.3

²⁾ Werkstoffe gemäß Tabelle 3.1

Tabelle 1 Rahmenspezifikation Basissicherheit - Einteilung der Prüf- und Werkstoffgruppen

- Nur für die Sachverständigen der TÜV bestimmt - Nachdruck nicht gestattet -

| Spannungskategorie | | | Zulässige Spannungen | Auslegungslastfall | Lastfall A, normaler Betrieb Lastfall B, anormaler Betrieb | Druckprüfung | Lastfall C, Notfall | Lastfall D, Schadensfall | | |
|--------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---|---|---|---|---|--|---------------------|
| | | | | | | S_m : Kleinster Wert von: | | | Größter Wert von: | Kleinster Wert von: |
| Primär- + Sekundär + Spitzenspannung | Primär- + Sekundärspannung | Primärspannung | P_m | Ferrit | Austenit ³⁾ | Stahlguß Ferrit u. Austenit | $0,9 R_{p,0,2 T}$ T Druckproben- temperatur | Größter Wert von: $1,2 S_m$ $R_{p,0,2 T}$ | Kleinster Wert von: $2,4 S_m$ $0,7 R_{mT}$ | |
| | | | | $\frac{1}{3} R_{mRT}$ | $\frac{1}{3} R_{mRT}$ | $\frac{1}{4} R_{mRT}$ | | | | |
| | | | | $\frac{1}{2,7} R_{mT}$ ¹⁾ | $\frac{1}{2,7} R_{mT}$ ¹⁾ | $\frac{1}{3,6} R_{mT}$ | | | | |
| | | | | | | $1,0 S_m$ | | | | |
| | | $\frac{1}{1,5} R_{p,0,2 T}$ | $\frac{1}{1,5} R_{p,0,2 T}$ | bei Ferrit: $\frac{1}{2} R_{p,0,2 T}$ | | | | | | |
| | | | $0,9 R_{p,0,2 T}$ | bei Austenit $\frac{1}{2} R_{p,1,0 T}$ | | | | | | |
| | | | $1,5 S_m$ | $1,5 S_m$ | $1,35 R_{p,0,2 T}$ | Größter Wert von: $1,8 S_m, R_{p,0,2 T}$ | Kleinster Wert von: $3,6 S_m, R_{mT}$ | | | |
| | | | $1,5 S_m$ | $1,5 S_m$ | $1,35 R_{p,0,2 T}$ | Größter Wert von: $1,8 S_m, R_{p,0,2 T}$ | Kleinster Wert von: $3,6 S_m, R_{mT}$ | | | |
| | | | - | $3 S_m$ | - | - | - | | | |
| | | | - | $3 S_m$ | - | - | - | | | |
| | | | - | $1,0 S_a$ ²⁾ | - | - | - | | | |

¹⁾ Bezieht sich auf die gewährleistete Warmfestigkeit; liegt Gewährleistungswert vor, darf S auch 1/3 der Nenn-Warmfestigkeit benutzt werden.

²⁾ Ermüdungsanalyse nach Tab. 2.1.3

³⁾ oder entsprechend VdTÜV-Weisungsbeschluss 1

Tabelle 2.1.1 Rahmenspezifikation Basissicherheit - Zulässige Spannungen und Spannungskategorien (Gruppe A1)

- Nur für die Sachverständigen der TÜV bestimmt - Nachdruck nicht gestattet -

| Zulässige Spannungen | | | | Auslegungslastfall | Lastfall A, normaler Betrieb | Lastfall B, anomaler Betrieb | Druckprüfung | Lastfall C, Notfall | Lastfall D, Schadensfall | | |
|--------------------------------------|----------------------------|--|----------------|---|---|--|-------------------------|-------------------------|---|--------------------|-------|
| | | | | | | | | | | Spannungskategorie | |
| Primär- + Sekundär + Spitzenspannung | Primär- + Sekundärspannung | Primärspannung | P _m | S : Kleinster Wert von: | | | 1,0 S | 1,1 S | 0,9 R _{p0,2T} T' Druckproben- temperatur | 1,5 S | 2,0 S |
| | | | | Ferrit | Austenit | Stahlguß Ferrit u. Austenit | | | | | |
| | | | | $\frac{1}{4} R_{mRT}$ $\frac{5}{8} R_{p0,2T}$ $\frac{5}{8} R_{p0,2T}$ | $\frac{1}{4} R_{mRT}$ 0,9 R _{mT} $\frac{5}{8} R_{p0,2T}$ | $\frac{1}{4} R_{mRT}$ $\frac{1}{3,6} R_{mT}$ bei Ferrit: 0,4 R _{p0,2T} bei Austenit 0,4 R _{p1,0T} | | | | | |
| | | PL | 1,5 S | | | 1,5 S | 1,65 S | 1,35 R _{p0,2T} | 1,8 S | 2,4 S | |
| | PL + P _b | 1,5 S | | | 1,5 S | 1,65 S | 1,35 R _{p0,2T} | 1,8 S | 2,4 S | | |
| | | PL + P _b + P _e + Q | | - | | | - | - | - | | |
| | | PL + P _b + P _e + Q + F | | - | | | - | - | - | | |

Tabelle 2.1.2 Rahmenspezifikation Basissicherheit - Zulässige Spannungen (Gruppe A2, A3)

- Nur für die Sachverständigen der TÜV bestimmt - Nachdruck nicht gestattet -

| Prüfgruppe | Komponente | Ermüdungsanalyse | |
|------------|--------------------------------------|--|--|
| | | Kriterien | Verfahren |
| A1 | Druckbehälter Pumpen Armaturen | Ermüdungsanalyse, wenn Zyklenzahl > 1000 | Ermüdungsanalyse z. B. nach ASME NC 3219.2 oder NB 3222.4 Ermittlung der Zyklenzahl nach ASME NC 3219 (Alle Spannungsamplituden > 0,2 S _m . Thermisch induzierte Lastwechsel werden aus dem in der Wand der Komponente auftretenden ΔT ermittelt.) |
| | Rohrleitungen | Ermüdungsanalyse immer erforderlich | Ermüdungsanalyse z. B. nach ASME NB 3653.4 oder NB 3222.4 |
| A2 | Druckbehälter Pumpen Armaturen | Ermüdungsanalyse an be- sonderen Stellen, wenn Zyklenzahl > 1000 | Ermüdungsanalyse z. B. nach ASME NC 3219.2 oder geeignetes Spannungsindexverfahren |
| | Rohrleitungen | Ermüdungsanalyse immer erforderlich | Spannungsindexverfahren z. B. nach ASME NC 3611 (Begrenzung des S _A Wertes in Abhängigkeit der Zyklenzahl) |
| A3 | Druckbehälter Pumpen Armaturen | Keine Ermüdungsanalyse (Auslegungstemperatur < 100 °C) | |
| | Rohrleitungen | Ermüdungsanalyse immer erforderlich | Spannungsindexverfahren z. B. nach ASME NC 3611 |

Tabelle 2.1.3 Rahmenspezifikation Basissicherheit - Kriterien für die Durchführung von Ermüdungsanalysen
und zulässige Berechnungsverfahren

- Nur für die Sachverständigen der TÜV bestimmt - Nachdruck nicht gestattet -

| Behälterbauteil | Stelle | Herkunft der Spannung | Art der Spannung | Spannungskategorie |
|--|--|---|--|---------------------------------------|
| zylindrischer oder kugelförmiger Druckbehälter | Behälterwand außerhalb von Störstellen | Innendruck | Allgemeine Membranspannung Gradient über die Blechdicke | P _m Q |
| | | Axialer Temperaturgradient | Membranspannung Biegespannung | Q Q |
| | Verbindung mit Boden oder Flansch | Innendruck | Membranspannung Biegespannung | P _L Q |
| Beliebiger Mantel oder Boden | Beliebiger Schnitt durch den ganzen Behälter | Äußere Last oder Moment oder Innendruck | Allgemeine Membranspannung, gemittelt über den ganzen Querschnitt. Spannungskomponente senkrecht zur Schnittfläche | P _m |
| | | Äußere Last oder Moment | Biegung über den ganzen Querschnitt. Spannungskomponenten senkrecht zur Schnittfläche | P _m |
| | Rand eines Stützens oder eines anderen Ausschnitts | Äußere Last oder Moment oder Innendruck | Lokale Membranspannung Biegespannung Spitzenspannung | P _L Q F |
| | Beliebige Stelle | Temperaturunterschied zwischen Mantel und Boden | Membranspannung Biegespannung | Q Q |
| Gewölbter Boden oder Kegelboden | Wand | Innendruck | Membranspannung Biegespannung | P _m P _b |
| | Krempe oder Anschluß an den Mantel | Innendruck | Membranspannung Biegespannung | P _L Q |
| Flacher Boden | Mittlerer Bereich | Innendruck | Membranspannung Biegespannung | P _m P _b |
| | Anschluß an den Mantel | Innendruck | Membranspannung Biegespannung | P _L Q |
| Lochplatte oder Rohrboden | Typischer Steg in einer regelmäßigen Anordnung | Druck | Membranspannung (Mittel über Querschnitt) Biegespannung (Mittel über die Stegbreite, aber Gradient durch die Plattendicke) Spitzenspannung | P _m P _b F |
| | | | Einzelner oder unregelmäßiger Steg | Druck |
| Stützen | Querschnitt senkrecht zur Stützenachse | Innendruck oder äußere Last oder Moment | Allgemeine Membranspannung (Mittel über den ganzen Querschnitt), Spannungskomponente senkrecht zum Schnitt | P _m |
| | | Äußere Last oder Moment | Biegung über den Stützenquerschnitt | P _m |
| | Stützenwand | Innendruck | Allgemeine Membranspannung | P _m |
| | | | Lokale Membranspannung Biegespannung Spitzenspannung | P _L Q F |
| | | Unterschiedliche Dehnung | Membranspannung Biegespannung Spitzenspannung | Q Q F |
| Plattierung | Beliebig | Unterschiedliche Dehnung | Membranspannung Biegespannung | F F |
| Beliebig | Beliebig | Radiale Temperaturverteilung | Gleichwertige geradlinige Spannung | Q |
| | | | Nicht geradlinige Anteil der Spannungsverteilung | F |
| Beliebig | Beliebig | Beliebig | Spannungsspitze (Kerbwirkung) | F |

Tabelle 2.1.5

Rahmenspezifikation Basissicherheit - Spannungskategorien für typische Beanspruchungen und Konstruktion

Nur für die Sachverständigen der TÜV bestimmt - Nachdruck nicht gestattet -

| Belastungen (Im jeweiligen Anwendungsfall ist unter Berücksichtigung der Einstufung - A1 oder A2 / A3 - zu prüfen welche Belastungen zutreffen) | | Statische Belastungen | | | | | | Transiente, statische und dynamische Belastungen | | | Schwingende und dynamische Belastungen | | | | | |
|--|------------|-----------------------|----------------------|---------------|--------------------|--------------------------------|---|--|--|--|--|--------------------|---------------------|-----------------|--------------------|------------------------|
| | | Auslegungsdruck | Auslegungstemperatur | Betriebsdruck | Betriebstemperatur | Eigengewicht und andere Lasten | Mechanische Betriebslasten, Reaktionskräfte | Behinderte Wärmedehnung | Prüfbelastung (statisch und dynamisch) | Anomale Belastungen (statisch und dynamisch) | Transiente Betriebslasten, dynam. Belastg b. Betrieb | EVA - Belastungen | | | | Einwirkungen von innen |
| | | | | | | | | | | | | Auslegungserdbeben | Sicherheitserdbeben | Flugzeugabsturz | Gaswolkenexplosion | |
| Lastfälle | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Auslegung ¹⁾ | | X | X | | | X | | | | | | | | | | |
| Bestimmungsgemäßer Betrieb | Lastfall A | | | X | X | X | X | X | | | X | | | | | |
| | Lastfall B | | | X | X | X | X | X | | X | | X ⁴⁾ | | | | |
| | Prüffall | | | | | X | | | X | | | | | | | |
| Störfälle ²⁾ | Lastfall C | | | X | X | X | X | X | | | X ⁵⁾ | | X ^{3) 4)} | | | X |
| | Lastfall D | | | X | X | X | X | X | | | | | | X | X | X |

¹⁾ Es sind weitere Belastungen zu berücksichtigen sofern auslegungsbestimmend

²⁾ Bei aktiven Systemen ist die ausreichende Funktion sicherzustellen

³⁾ Einstufung nach Lastfall D in begründeten Fällen

⁴⁾ Vorläufig bis Klärung im KTA

⁵⁾ Mech. Lastanteile sind zu berücksichtigen soweit vom zeitlichen Verlauf erforderlich

Tabelle 2.1.7 Rahmenspezifikation Basissicherheit -
Prinzipielle Überlagerung von Belastungen u. Einstufung der Lastfälle

Nur für die Sachverständigen der TÜV bestimmt - Nachdruck nicht gestattet -

| | Sicherheitstechnisch wichtige Systeme | Bruchannahmen | | | | zu berücksichtigende Belastungen | |
|------------------------------------|---|---------------|------------------------------|----------------------------|------------------|----------------------------------|--|
| | | Längsriß | | Rundriß | | | |
| | | Bruchlage | Bruchfläche | Bruchlage | Bruchfläche | | |
| Ferritische System / Komponenten | Frischdampfsystem | beliebig | unterkrit. Riß ¹⁾ | hochbelastete Schweißnähte | 2F - u | Reaktivitätsverhalten | |
| | | | | | 2F - b | Gebäude | (Differenzdruck) (Strahlkraft) |
| | | | | | 2F - b | Druckführende Komponenten | (Reaktionskraft) |
| | | | | | 2F - b | Stützkonstruktion | (Reaktionskraft) |
| | | | | außerhalb Armaturen-kammer | 2F - u | int. Belastungen | (int. Druckwelle) |
| | Speisewassersystem Dampferzeugerabschlammssystem ^{x)} | beliebig | unterkrit. Riß ¹⁾ | hochbelastete Schweißnähte | 2F - u | Gebäude | (Differenzdruck) (Strahlkraft) |
| | | | | | 2F - b | Druckführende Komponenten | (Reaktionskraft) |
| | | | | | 2F - b | Stützkonstruktion | (Reaktionskraft) |
| 2F - u | | | | | int. Belastungen | (int. Druckwelle) | |
| Austenitische Systeme | Volumenregelsystem ^{x)} Volumenausgleichssystem ^{xx)} | beliebig | unterkrit. Riß ¹⁾ | hochbelastete Schweißnähte | 2F - u | Gebäude | (Differenzdruck) (Strahlkraft) |
| | | | | | 2F - b | Druckführende Komponenten | (Reaktionskraft) |
| | | | | | 2F - b | Stützkonstruktion | (Reaktionskraft) |
| | | | | | 2F - u | int. Belastungen | (int. Druckwelle) |
| | Nukleares Nachkühlsystem, (Druckspeichereinspeiseleitung ^{x)} , Kernflutleitung ^{xx)} | beliebig | unterkrit. Riß ¹⁾ | hochbelastete Schweißnähte | 2F - u | Gebäude | (Strahlkraft) |
| | | | | | 2F - b | Druckführende Komponenten | (Reaktionskraft) |
| | | | | | 2F - b | Stützkonstruktion | (Reaktionskraft) |
| | | | | | 2F - u | int. Belastungen | (int. Druckwelle) |
| Zeitlich gering belastet Systeme | Notspeisesystem ^{x)} Notspeisewassersystem ^{xx)} passiver Einzelfehler | beliebig | unterkrit. Riß ¹⁾ | beliebig | unterkrit. Riß | Gebäude | (Überflutung) |
| | Nukleares Nachkühlsystem, Nachkühlfall, Einzelfehler | | | | | Gebäude Systemanalyse Notk. | (Differenzdruck) (Überflutung) (Strangausfall) |
| Niederenerg. Systeme ²⁾ | Nukleares Zwischenkühlsystem | beliebig | unterkrit. Riß ¹⁾ | beliebig | unterkrit. Riß | Gebäude | (Überflutung) |
| | Nebenkühlwassersystem | | | | | Gebäude | (Überflutung) |
| | Zusatzboriersystem ^{x)} | | | | | Systemanalyse | (Strangausfall) |
| | Sicherheitsboriersystem ^{xx)} | | | | | | |

Legende: - u = unbehindert
 - b = behindert
 - an Positionen ohne Anschlagbegrenzung 2F - u
 - an Positionen mit Anschlagbegrenzung 2F - b
 - für unterkritische Risse wird die stationäre Ersatzlast angesetzt

x - KWU-spezifisch
 xx - BBC/BBR-spezifisch

¹⁾ Unterkritische Risse werden auf der Basis der Bruchmechanik ermittelt und auf max. 0,1 F begrenzt

²⁾ p ≤ 20 bar, t ≤ 100 °C, DN ≤ 50

Tabelle 2.2 Rahmenspezifikation Basissicherheit - Bruchannahmen für Rohrleitungen und zu berücksichtigende Belastungen für einen DWR

Nur für die Sachverständigen der TÜV bestimmt - Nachdruck nicht gestattet -

| Werkstoff | | Erzeugnisform | Bleche | Schmiedestücke | Rohre | Stahlguß | Anforderungen |
|--------------------------|----------------------|-------------------------|--------|----------------|-------|---|--|
| Ferritische Werkstoffe | Werkstoffgruppe W I | 15 MnNi 63 | X | X | X | | Analysenanforderungen werden werkstoffbezogen festgelegt ¹⁾ Zähigkeitsanforderungen für GW, SG und WEZ: 68 J und 0,9 mm Breitung bei RT _{NDT} + 33 °K Zusätzlich für GW: Hochlage 100 J (ISO-V-Proben quer, kleinste Einzelwerte) Minimale Belastungstemperatur (Druckprüfung, Betrieb) bei RT _{NDT} + 33 °K |
| | | 20 MnMoNi 55 | X | X | X | | |
| | | 15 NiCuMoNb 5 | X | X | X | | |
| | | (W) St E 26, 29, 32, 36 | X | X | X | | |
| | | C 22.8 | | X | | | |
| | | GS-18 NiMoCr 37 | | | | X | |
| | | GS-C 25 | | | | X | |
| | Werkstoffgruppe W II | (W) St E 26, 29, 32, 36 | X | X | X | | Analysenanforderung: ¹⁾ S max. 0,015 % P max. 0,020 % Cu max. 0,18 % V max. 0,02 % Zähigkeitsanforderungen für GW, SG und WEZ 41 J (ISO-V-Proben quer, Mittelwert) Prüftemperatur Kbz: 0 °C bei Betriebstemp. 0 °C 20 °C bei warmgehenden Komponenten (niedrigste Druckprüftemp. 20 °C) |
| | | C 22.8 | | X | | | |
| | | 15 Mo 3 | X | X | X | | |
| | | St 35.8 | | | | X | |
| | | St 37-3 | X | X | X | | |
| GS-C 25 | | | | | | X | |
| Austenitische Werkstoffe | W. Nr. 1.4550 | X | X | X | | Analyseanforderung zur Vermeidung von IK und Warmrissen ²⁾ Zähigkeitsanforderungen für GW, SG und WEZ bei DN > 150 oder Wanddicke > 16 m: ungeglüht 70 J / 60 J geglüht 55 J / 40 J (Mittelwert / kleinster Einzelwert, ISO-V-Proben, quer) DN ≤ 150 und s ≤ 16 mm: Anforderungen nach AD-W2 | |
| | W. Nr. 1.4580 | X | X | X | | | |
| | W. Nr. 1.4541 | X | X | X | | | |
| | W. Nr. 1.4571 | X | X | X | | | |
| | W. Nr. 1.4552 | | | | X | | |
| | W. Nr. 1.4581 | | | | X | | |

Legende - Anwendungsbereich siehe Tabelle 1
 - Aufgrund der besonderen Anforderungen können Sonderbezeichnungen für die Werkstoffe erforderlich sein.

¹⁾ Keine Mikro-Legierungselemente

²⁾ Überstabilisierung ist zu vermeiden

Tabelle 3.1 Rahmenspezifikation Basissicherheit - Werkstoffe mit besonderen Anforderungen

Nur für die Sachverständigen der TÜV bestimmt - Nachdruck nicht gestattet -

| Schraubenwerkstoff (Festigkeitsklasse) | | Regelwerk ¹⁾ | Zusätzliche Anforderungen | | | |
|--|--|-------------------------|---|------|---------------|-----|
| Ck 35 24 Cr Mo 5 21 Cr MoV 5 7 | | DIN 17240 | An zusätzlichen ISO-V-Längsproben gelten folgende Anforderungen ²⁾ | | | |
| | | | Schrauben Ø | < 25 | > 25 ÷ 100 | 100 |
| 20 Ni Cr Mo 14 5 | | VdTÜV WBI. 337 | Breitung (mm) | - | 0,6 | 0,6 |
| 26 Ni Cr Mo 14 6 | | VdTÜV WBI. 390 | Kerbschlagarbeit (J) | - | - | 61 |
| 34 Cr Ni Mo 6 | | VdTÜV WBI. 137 | Erprobung losweise | | | |
| W. Nr. 1.4541 W. Nr. 1.4550 W. Nr. 1.4571 W. Nr. 1.4580 | Ø ≤ 60 mm | DIN 17440 (AD-W2) | | | | |
| W. Nr. 1.4541 W. Nr. 1.4571 | Stahlgruppe A2 - 1 ≤ M 39 Stahlgruppe A4 - 1 < M 39 | DIN 267 (AD-W2) | | | | |
| Festigkeitsklasse 5.6, 6.6 und 8.8 | ≤ M 30 ≤ 25 bar ≤ 100 °C | DIN 267 (AD-W7) | Nur für Komponenten in Prüfgruppe A3 | | | |
| Festigkeitsklasse 4.6 - 2 | Bei Festigkeitsklasse 8.8 zusätzlich DN ≤ 500 | VdTÜV WBI. 12-65 | | | | |

¹⁾ Es sind jeweils nur die in dieser Tabelle angegebenen Stähle bzw. Festigkeitsklassen zugelassen.

²⁾ Entsprechend ASME NB 2300

Tabelle 3.2 Rahmenspezifikation Basissicherheit - Schraubenwerkstoffe

- Nur für die Sachverständigen der TÜV bestimmt - Nachdruck nicht gestattet -

| Prüfungen Prüfkriterien nach Tab. 3.1 Prüftemperaturen sind auf niedrigste Belastungstemperatur zu beziehen | | | | Erprobung | | | | B (pro Blech) | | | | |
|--|------------|-----------------------------------|--|--|--------|--------|-----|--|--------|--------|-----|---|
| | | | | (bezogen auf endgültigen Wärmebehandlungszustand) | | | | S (pro Schmelze, Wärmebehandlungs- los und Abmessung) | | | | |
| Wanddicke s (mm) | | | | Werkstoffgruppe W I | | | | Werkstoffgruppe W II | | | | |
| | | | | 10÷16 | >16÷38 | >38÷64 | >64 | 10÷16 | >16÷38 | >38÷64 | >64 | |
| Prüfgruppe | A1, A2 | Jeweils an einem Probeentnahmeort | 2 NDT-Proben ¹⁾ Nachweis, daß NDT-Temp. ≤ der gestellten Anforderung | Probenform P2 Erprobung ab 19 mm Wanddicke | - | S | B | B | - | - | - | - |
| | A1, A2 | | Kbz-Übergangskurve (Hochlage erfassen, mind. 4 Probensätze) | Probenform: ISO-V-quer Zu bestimmen: Kerbschlagarbeit (J) Breitung (mm) | S | S | S | S | S | S | S | S |
| | A1 | | 1 Kbz Probensatz zum Nachweis d. Hoch- lagenwerts (entfällt, wenn be- reits bei niedrigster Belastung- stemperatur nachgewiesen) | Probensatz: 3 Proben Probenlage: DIN 17 155 (Kopf-Mitte, Fuß-Rand) DIN 17 100 (walztafelwei- se) | - | B | B | B | - | - | - | - |
| | A1, A2, A3 | | 1 Kbz Probensatz bei niedrigster Belastungstem- peratur | Probeentn. bei W I in ¼ T (Stirnseite ½ T) | B | B | B | B | B | B | B | B |

¹⁾ Im Zuge der Werkstoffzulassung erfolgt NDT-Bestimmung. Weiterhin kann die Prüftemperatur werkstoffbezogen festgelegt werden, wenn die NDT-Temperatur werkstoffspezifisch im Vergleich zur Belastungstemperatur sehr niedrig liegt.

²⁾ Bei Wanddicken s ≥ 150 mm zusätzliche Erprobung in Blechdickenmitte (Siehe Leitlinie 4.1.3.2 Abs. (2))

Tabelle 5.2/1 Rahmenspezifikation Basissicherheit -
Zähigkeitsnachweise für Bleche Werkstoffgruppen W I und W II

- Nur für die Sachverständigen der TÜV bestimmt - Nachdruck nicht gestattet -

| Prüfungen Prüfkriterien nach Tab. 3.1 Prüftemperaturen sind auf niedrigste Belastungstemperatur zu beziehen | | | | Erprobung (bezogen auf endgültigen Wärmebehandlungszustand) | | P (pro Schmiedestück) S (pro Schmelze, Wärmebehandlungslos und Ab- messung) L (Losgröße max. 10 Stück oder max. 1000 kg) | | | | | |
|--|------------|-----------------------------------|--|--|---|---|-----------------|---------|----------------------|-----------------|---------|
| | | | | | | Werkstoffgruppe W I | | | Werkstoffgruppe W II | | |
| | | | | | | 50÷100 | | 150÷500 | >500 | 105 | 150÷500 |
| norm. | verg. | | | | | | | | | | |
| Prüfgruppe | A1, A2 | Jeweils an einem Probeentnahmeort | 2 NDT-Proben ¹⁾ Nachweis, daß NDT-Temp. ≤ der gestellten Anforderung | Probenform P2 (Erprobung soweit P2 Proben möglich) | - | S | S | P | - | - | - |
| | A1, A2 | | Kbz-Übergangskurve (Hochlage erfassen, mind. 4 Probensätze) | Probenform: ISO-V-quer (Bei Stäben bis Ø 68 mm längs) | S | S | S | S | - | S | S |
| | A1 | | 1 Kbz Probensatz zum Nachweis d. Hochlagen- werts (entfällt, wenn bereits bei niedrigster Belastungstempe- ratur nachgewiesen) | Zu bestimmen: Kerbschlagarbeit (J) Breitung (mm) Probensatz: 3 Proben Probenlage: Ø > 500 mm 2 Sätze Ø > 2000 mm 3 Sätze | - | L | L | P | - | - | - |
| | A1, A2, A3 | | 1 Kbz Probensatz bei niedrigster Belastungstem- peratur | 2 Stirnseiten wenn L > 5000 mm norm. L > 2000 mm verg. Probeentn. bei W I in ¼ T (Stirnseite ½ T) | L | L | P ²⁾ | L | L | P ²⁾ | |

¹⁾ Im Zuge der Werkstoffzulassung erfolgt NDT-Bestimmung. Weiterhin kann die Prüftemperatur werkstoffbezogen festgelegt werden, wenn die NDT-Temperatur werkstoffspezifisch im Vergleich zur Belastungstemperatur sehr niedrig liegt.

²⁾ Bei Wanddicken s ≥ 150 mm zusätzliche Erprobung in Wanddickenmitte (Siehe Leitlinie 4.1.3.2 Abs. (2))

Tabelle 5.2/2 Rahmenspezifikation Basissicherheit -
Schmiedestücke Werkstoffgruppen W I und W II

- Nur für die Sachverständigen der TÜV bestimmt - Nachdruck nicht gestattet -

| Prüfungen Prüfkriterien nach Tab. 3.1 Prüftemperaturen sind auf niedrigste Belastungstemperatur zu beziehen | | | | Erprobung (bezogen auf endgültigen Wärmebehandlungszustand) | | | H (pro Herstellungslänge) S (pro Schmelze, Wärmebehandlungslos und Ab- messung) L (Losgröße ist mit dem Sachverständigen abzu- stimmen) | | | |
|--|------------|--------------------------------------|--|--|-------|-----------------|---|-------|-----------------|---|
| | | | | Werkstoffgruppe W I | | | Werkstoffgruppe W II | | | |
| Wanddicke s (mm) | | | | 10÷16 | 16÷38 | >38 | 10÷16 | 16÷38 | >38 | |
| Prüfgruppe | A1, A2 | Jeweils an einem Probenentnahmestort | 2 NDT-Proben ¹⁾ Nachweis, daß NDT-Temp. ≤ der gestellten Anforderung | Probenform P2 | - | S | L | - | - | - |
| | A1, A2 | | Kbz-Übergangskurve (Hochlage erfassen, mind. 4 Probensätze) | Probenform: ISO-V-quer Abmessungsbedingt sind ersatzweise Längsproben erlaubt. | S | S | S | - | S | S |
| | A1 | | 1 Kbz Probensatz zum Nachweis d. Hochlagen- werts (entfällt, wenn bereits bei niedrigster Belastungstempe- ratur nachgewiesen) | Zu bestimmen: Kerbschlagarbeit (J) Breitung (mm) Probensatz: 3 Proben | - | H ₂₎ | H | - | - | - |
| | A1, A2, A3 | | 1 Kbz Probensatz bei niedrigster Belastungstem- peratur | Probenlage: norm. 1 Stirnseite verg. 2 Stirnseite 180° verdreht | L | H ₂₎ | H | L | H ₂₎ | H |

¹⁾ Im Zuge der Werkstoffzulassung erfolgt NDT-Bestimmung. Weiterhin kann die Prüftemperatur werkstoffbezogen festgelegt werden, wenn die NDT-Temperatur werkstoffspezifisch im Vergleich zur Belastungstemperatur sehr niedrig liegt.

²⁾ Bei normalisierten Werkstoffen kann abmessungsabhängig in Abstimmung mit dem Sachverständigen losweise Erprobung vereinbart werden.

Tabelle 5.2/3 Rahmenspezifikation Basissicherheit -
Zähigkeitsnachweise für Rohre Werkstoffgruppen W I und W II

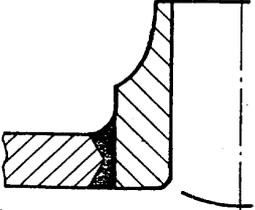
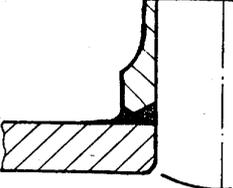
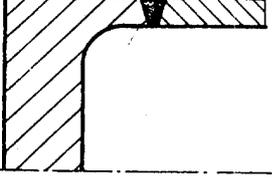
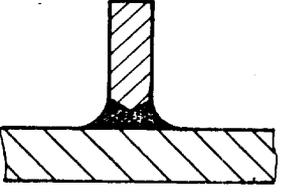
- Nur für die Sachverständigen der TÜV bestimmt - Nachdruck nicht gestattet -

| Gruppe | Erzeugnisform | Durchstrahlungsprüfung % | US-Prüfung ¹⁾ % | Oberflächenrißprüfung % (ferrit. Werkst. mögl. MP) |
|--------|--------------------------------|--------------------------|---|---|
| A 1 | Bleche / (warmumgef. Böden) | - | Raster a I | - / (100) |
| | Schmiedeteile | - | 100 b II | 100 |
| | Rohre / (warmumgef. Rohrbogen) | - | 100 c II ⁴⁾ | Stichproben / (100) |
| | Stahlguß austenitisch | 100 | - | 100 ³⁾ |
| | ferritisch | 100 | Stichproben | 100 ³⁾ |
| A 2 | Bleche / (warmumgef. Böden) | - | Raster a I | - / (100) |
| | Schmiedeteile | - | 100 b I, b II ⁶⁾ | 100 |
| | Rohre / (warmumgef. Rohrbogen) | - | 100 c I, c II ⁴⁾ ⁵⁾ | - / (100) |
| | Stahlguß austenitisch | 100 ²⁾ | - | 100 ³⁾ |
| | ferritisch | 100 ²⁾ | - | 100 ³⁾ |
| A 3 | Bleche | - | Raster a I | - |
| | Schmiedeteile | - | 100 b I | 100 |
| | Rohre | - | 100 c I | - |
| | Stahlguß austenitisch | - | - | 100 |
| | ferritisch | - | - | 100 |

¹⁾ Bezeichnungen siehe Tabelle 5.3/2²⁾ Stichproben an gieß- und spannungstechnisch bevorzugten Stellen und bei Serienprodukten³⁾ Außen- und Innenoberfläche⁴⁾ Je nach Verwendungszweck auch Dopplungsprüfung (Stutzen)⁵⁾ c II bei gepilgerten Rohren⁶⁾ b II bei DN > 300

**Tabelle 5.2/4 Rahmenspezifikation Basissicherheit -
Umfang der zerstörungsfreien Prüfungen an Erzeugnisformen
durch den Hersteller**

- Nur für die Sachverständigen der TÜV bestimmt - Nachdruck nicht gestattet -

| Ausführungsform | Erzeugnisform | Zusätzliche Prüfungen | |
|---|-------------------------------------|--|---|
| | | Zugproben in Dickenrichtung | Senkrecht-Einschallung |
| Durchgesteckter Stutzen | | Stutzen | |
|  | Geschmiedet | - | Bei Innendurchmesser ≥ 120 mm Senkrecht-Einschallung nach dem Einschweißen |
| | Nahtloses Rohr | - | |
| | Blech, Längsnaht geschweißt | X | |
| Aufgesetzter Stutzen | | Grundkörper | |
|  | Geschmiedet | - | Senkrecht-Einschallung, wenn zugänglich und aufgrund des Wand-dickenverhältnisses Stutzen/Grundkörper möglich |
| | Nahtloses Rohr | X | |
| | Blech, Längsnaht geschweißt | X | |
| | | Ausnahme Nippe DN ≤ 80 ohne wesentliche Krafteinleitung | |
| Rohrboden od. Blinddeckel | | Rohrboden oder Blinddeckel | |
|  | Geschmiedet | - | Senkrecht-Einschallung vor dem Schweißen |
| | Komb. Blech- und Schmiedeausführung | X | |
| Halteeisen zur Kraftübertragung | | Grundkörper | |
|  | Geschmiedet | - | Einschallung nach Tabelle 5.3/2 |
| | Nahtloses Rohr | X | |
| | Blech, Längsnaht geschweißt | X | |

Anforderungen an Zugproben in Dickenrichtung

| Prüf-, Werkstoffgruppe | Anforderung |
|------------------------|-------------------|
| A 1, A 2 / W I | Z 3 (SEL 096) |
| A 2 / W II | Z 2 (SEL 096) |
| A 3 | keine Anforderung |
| Austenit. Werkstoffe | keine Anforderung |

Tabelle 5.2/5 Rahmenspezifikation Basissicherheit - Anforderungen an Konstruktionen aus ferritischen Werkstoffen mit Beanspruchung senkrecht zur Wand

- Nur für die Sachverständigen der TÜV bestimmt - Nachdruck nicht gestattet -

| Zeugnisbelegung DIN 50 049 | Prüfgruppe | | |
|-------------------------------|------------|--------------------------------------|--|
| | A 1 | A 2 | A 3 |
| 3.1 C | X | X | Soweit durch techn. Regelwerk gefordert |
| 3.1 B | | In besonderen Fällen als Ausnahme | X |
| | | | |

Analysen H

NDT-Prüfungen H

Wärmebehandlung H

IK-Test H

Verwechslungsprüfung H

Tabelle 5.2/6 Rahmenspezifikation Basissicherheit -
Zeugnisbelegung für Prüfungen an Erzeugnisformen

- Nur für die Sachverständigen der TÜV bestimmt - Nachdruck nicht gestattet -

| Gruppe | Schweißnahttyp | | Oberflächenrißprüfung (ferrit. Werkst. möglichst MP) H % | US-Prüfung | | Durchstrahlungsprüfungen | Prüfungen nach Druckprüfungen |
|-----------------------|----------------------------|-------------------|--|------------------------------|-------------------|--|---|
| | | | | Prüfausführung ¹⁾ | H % | | |
| A 1 | Längs - Rundnähte | | 100 | d I | 100 | Bei Rohrleitungsschweißnähten im Einzelfall zusätzlich bei: s ≤ 40 mm Statt US-Prüfung im gleichen Umfang bei: s < 10 mm austenitische Werkstoffe in Prüfgruppe A 2 und A 3 (Bei A 1 bevorzugt US-Prüfungen, sofern US-Prüfung ausreichende Prüfaussage ergibt) | Stichproben an spannungstechnisch ausgewählten Schweißnähten (einschl. Längsnähten) |
| | Stutzennähte ²⁾ | | 100 | e I | 100 | | |
| | K-Nähte | Kraftübertragend | 100 | f I + f II | 100 | | |
| | | Anschweißungen | | f II | | | |
| | Schweißplattierung | | 100 | Haftungsprüfung | - | | |
| Schweißkanten > 10 mm | | 100 | - | - | | | |
| A 2 | Längs - Rundnähte | | 100 | d I | 100 ³⁾ | Stichproben | |
| | Stutzennähte ²⁾ | | 100 | e I | 100 ³⁾ | | |
| | K-Nähte | Kraftübertragend | 100 | f I | 100 ³⁾ | | |
| | | Anschweißungen | | - | - | | |
| | Schweißplattierung | | 100 | Haftungsprüfung | 100 ³⁾ | | |
| Schweißkanten > 10 mm | | 100 ³⁾ | - | - | | | |
| A 3 | Längs - Rundnähte | | 100 | d I | mind. 10 | - | |
| | Stutzennähte ²⁾ | | 100 | e I | mind. 10 | | |
| | K-Nähte | Kraftübertragend | 100 | f I | mind. 10 | | |
| | | Anschweißungen | | - | - | | |
| | Schweißplattierung | | mind. 10 | - | - | | |
| Schweißkanten > 10 mm | | mind. 10 | - | - | | | |

Es sind grundsätzlich US-Prüfungen durchzuführen. Statt US-Prüfungen können auch teilweise D-Prüfungen durchgeführt werden (insbesondere bei Rohrleitungsrundnähten)

¹⁾ Gemäß Tabelle 5.3/2

²⁾ US-Prüfungen nur bei Stützen DN ≥ 80 und s > 15
Senkrecht-Einschallung bei Stützen-Innendurchmesser ≥ 120 mm

³⁾ Bei Betriebsnennspannung ≤ 50 N/mm² kann eine Verringerung des Prüfumfanges vereinbart werden.

Tabelle 5.3/1 Rahmenspezifikation Basissicherheit -
Bauprüfungen durch den Hersteller

- Nur für die Sachverständigen der TÜV bestimmt - Nachdruck nicht gestattet -

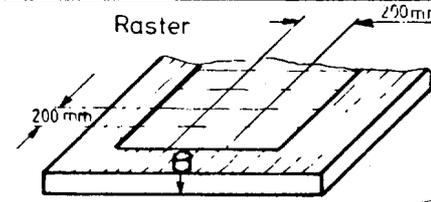
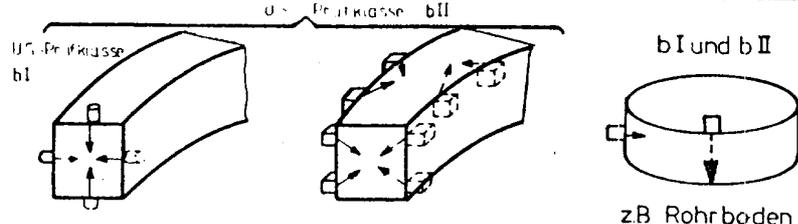
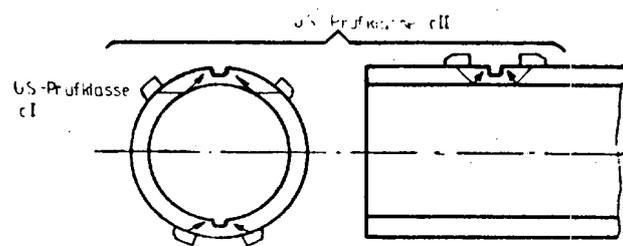
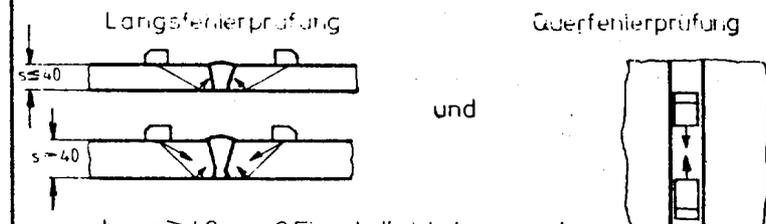
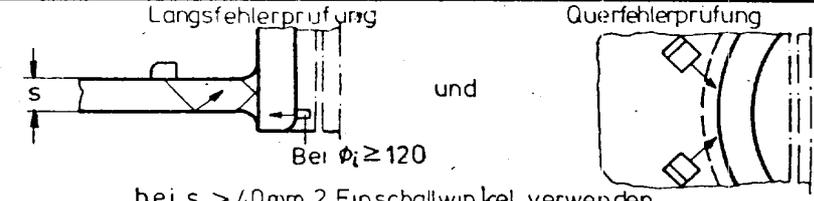
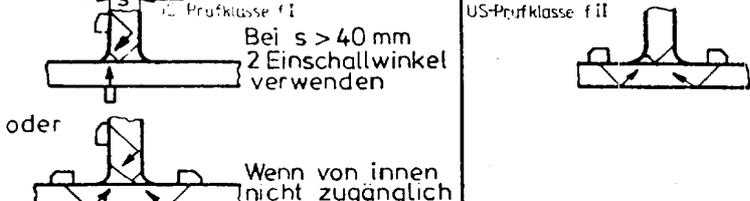
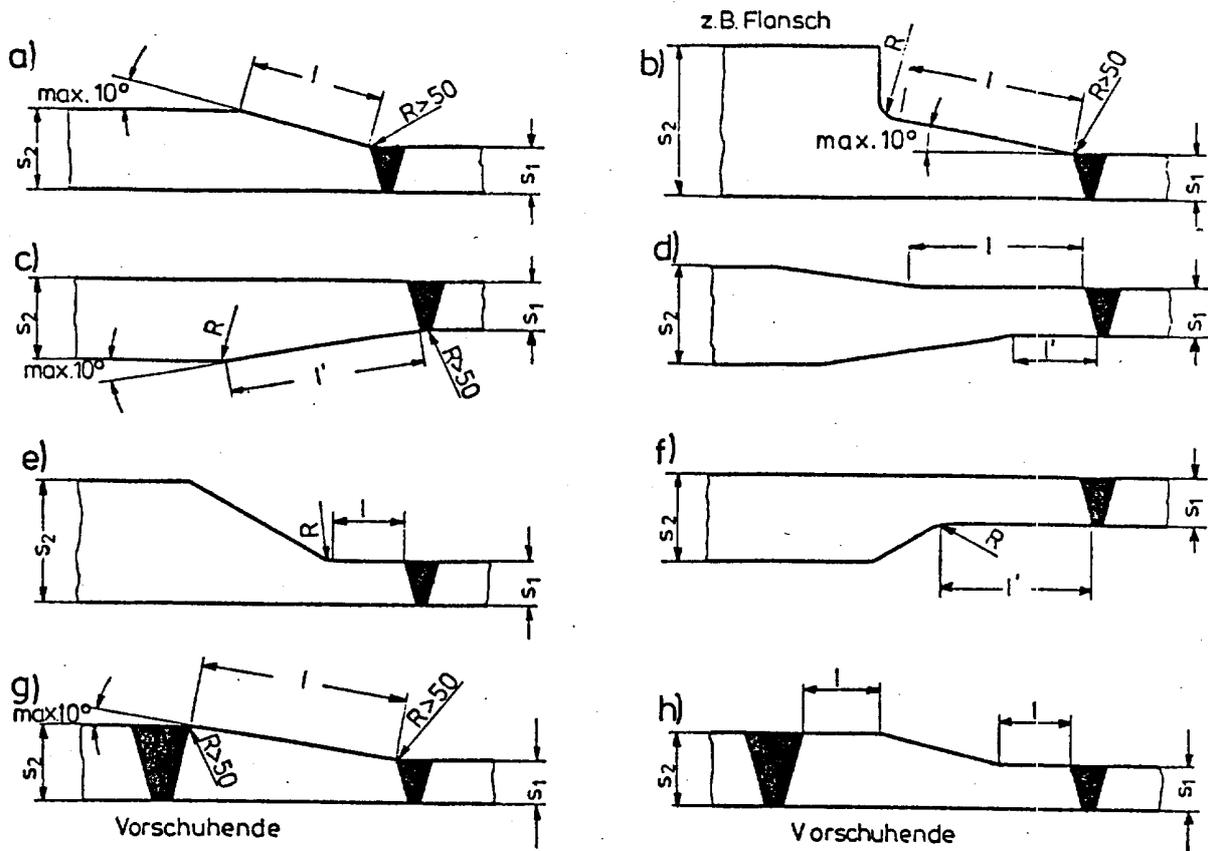
| Bauteil bzw. Schweißnähte | Prüfklasse | |
|---------------------------|------------|---|
| Bleche | aI |  <p>Prüfung der Schweißkantenbereiche, Breite der Randzonen gleich Wanddicke jedoch mind 50mm</p> |
| Schmiedestücke | bI / bII |  <p>US-Prüfklasse bI, US-Prüfklasse bII, bI und bII, zB Rohrböden</p> |
| Rohre | cI / cII |  <p>US-Prüfklasse cI, US-Prüfklasse cII</p> |
| Längs- und Rundnahte | dI |  <p>Langsfehlerprüfung, Querfehlerprüfung, und, bei $s > 40\text{mm}$ 2 Einschaltwinkel verwenden</p> |
| Stützen-nahte (DN ≥ 80) | eI |  <p>Langsfehlerprüfung, Querfehlerprüfung, und, Bei $\phi_i \geq 120$, bei $s > 40\text{mm}$ 2 Einschaltwinkel verwenden</p> |
| K-Nähte | fI / fII |  <p>US-Prüfklasse fI, Bei $s > 40\text{mm}$ 2 Einschaltwinkel verwenden, US-Prüfklasse fII, oder, Wenn von innen nicht zugänglich</p> |

Tabelle 5.3/2

Rahmenspezifikation Basissicherheit - Durchführung der US Prüfungen

- Nur für die Sachverständigen der TÜV bestimmt - Nachdruck nicht gestattet -



Grundsätzlich sind die Prüflängen nach Tab.1 anzuwenden.
Für die verkürzten Prüflängen (nach Tab. 2) gelten Zusatzforderungen.

Tab.1 Prüflängen für die US-Prüfung

| Wanddicke(mm) | $s_1 \geq 10 - 20$ | $s_1 \geq 20 - 40$ | $s_1 \geq 40$ |
|-----------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Prüfwinkel | 70° | 60° | 45°, 60° |
| Prüflänge | | | |
| l (Außenseite) | $5,5 \cdot s_1 + 30 \text{ mm}$ | $3,5 \cdot s_1 + 30 \text{ mm}$ | $3,5 \cdot s_1 + 50 \text{ mm}$ |
| l' (Innenseite) | 0,7·l | 0,7·l | 0,7·l |

Schweißnahtkanten nur schematisch dargestellt.

Für einseitig geschweißte und an der Innenseite nicht bearbeitbare Schweißnähte sind die Formen d, e, f zu bevorzugen

Tab.2 Verkürzte Prüflängen für die US-Prüfung mit Zusatzforderungen

| Wanddicke(mm) | $s_1 \geq 10 - 20$ | $s_1 \geq 20 - 40$ | $s_1 \geq 40$ |
|------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Prüfwinkel | 45° ¹⁾ | 45° ²⁾ | 45°, 60° ³⁾ |
| Prüflänge | | | |
| lv (Außenseite) | $3 \cdot s_1 + 30 \text{ mm}$ | $2 \cdot s_1 + 30 \text{ mm}$ | $2 \cdot s_1 + 50 \text{ mm}$ |
| lv' (Innenseite) | 0,7·lv | 0,7·lv | 0,7·lv |

Nicht vermaßte Winkel und Radien werden nicht von der US-Prüfbarkeit bestimmt. Sie müssen die Berechnungsanforderungen erfüllen

Zusatzforderungen zu Tabelle 2

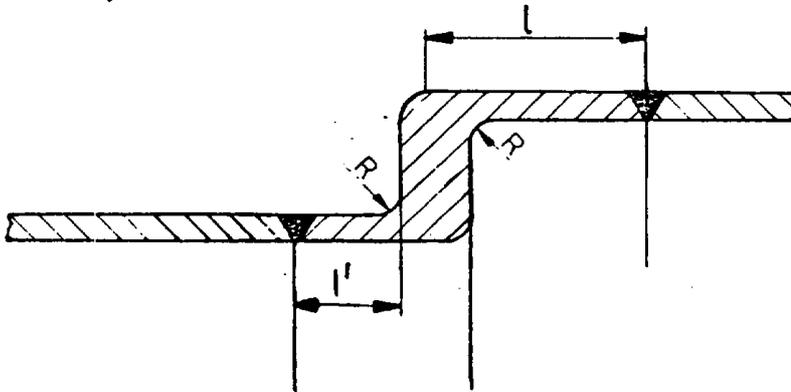
- 1) zusätzlich mit 70° im halben Sprungabstand oder Durchstrahlungsprüfung.
- 2) zusätzlich mit 60° im halben Sprungabstand oder Durchstrahlungsprüfung.
- 3) zusätzlich oberflächennahe Zonen mit SE-Winkelprüfköpfen

Bild 1.2.1/1

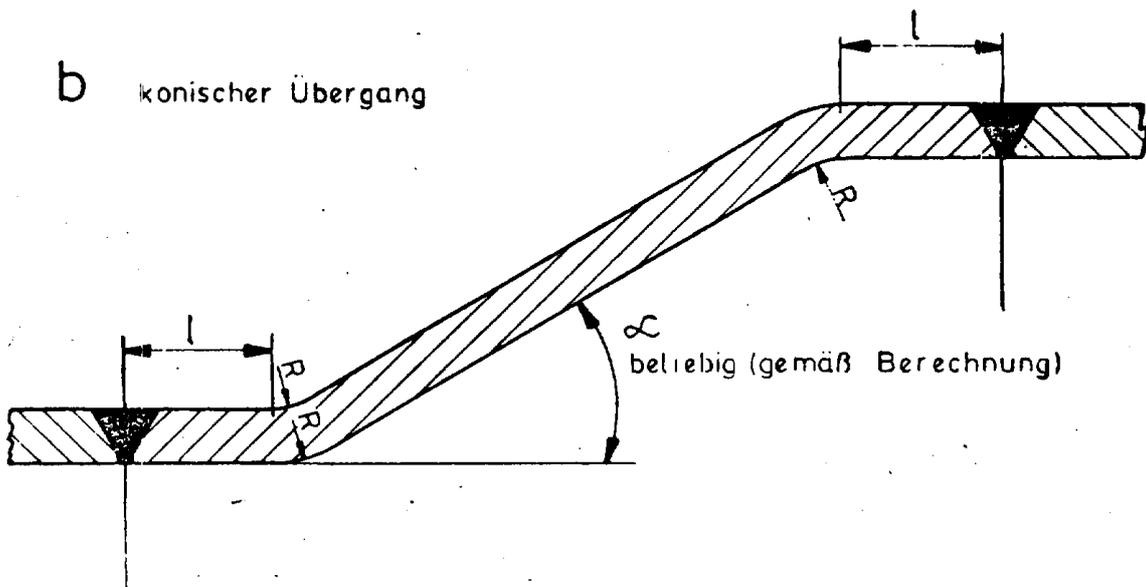
Rahmenspezifikation Basissicherheit -
Beispiele für zulässige Wanddickenübergänge von drucktragenden Wänden (US-Prüfung von der Außenseite)

- Nur für die Sachverständigen der TÜV bestimmt - Nachdruck nicht gestattet -

a zyl. Reduzierstück



b konischer Übergang



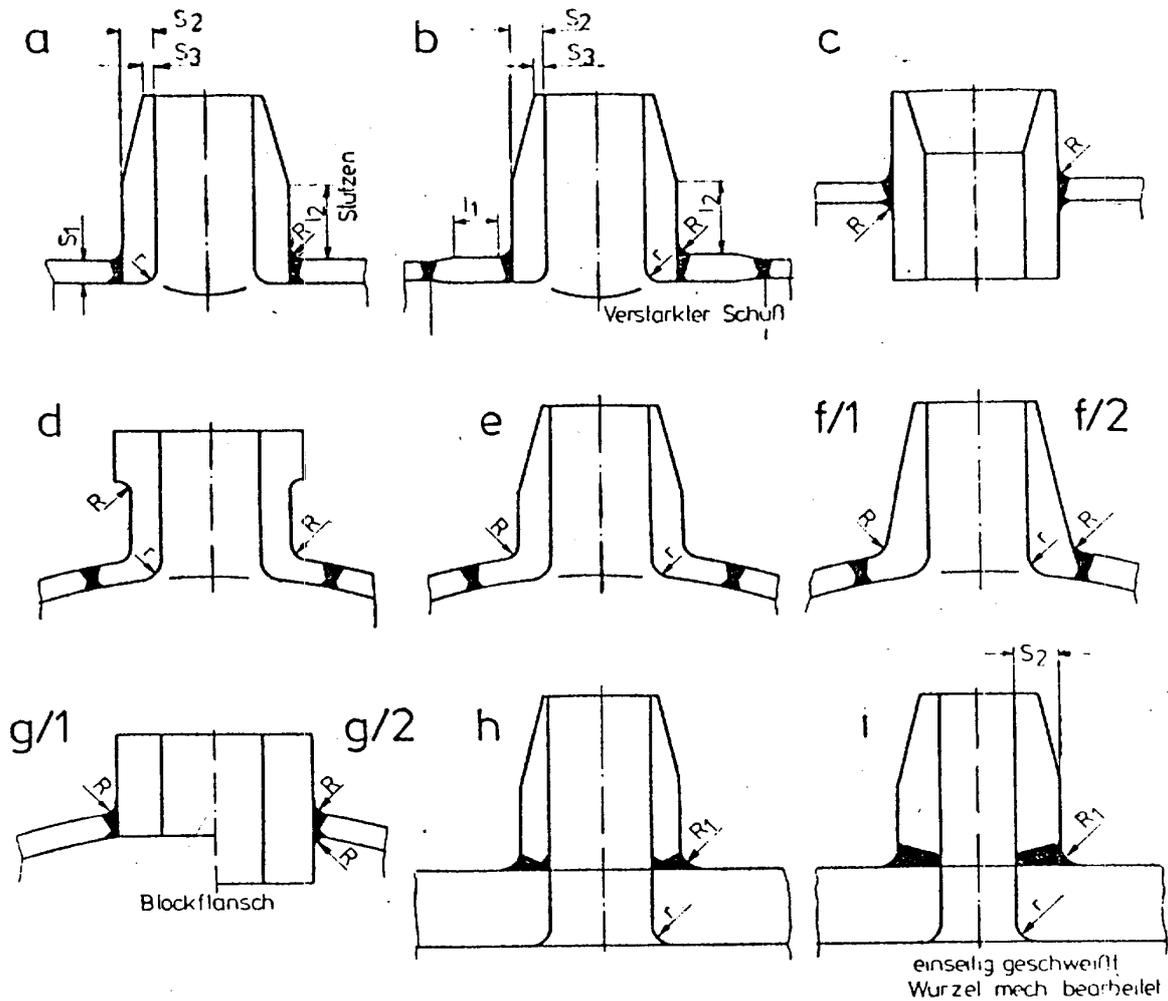
$l = US$ Prüflänge gemäß Bild 1.2.1/1

Bei Komponenten in Prüfgruppe A3 können
bei Ausführungsform b die Prüflängen entfallen, wenn:
 $R \geq 3s$ beschliffen und $\alpha \leq 30^\circ$

Bild 1.2.1/2

Rahmenspezifikation Basissicherheit -
Ausführung von zylindrischen Durchmesserübergängen (Beispiele)

- Nur für die Sachverständigen der TÜV bestimmt - Nachdruck nicht gestattet -



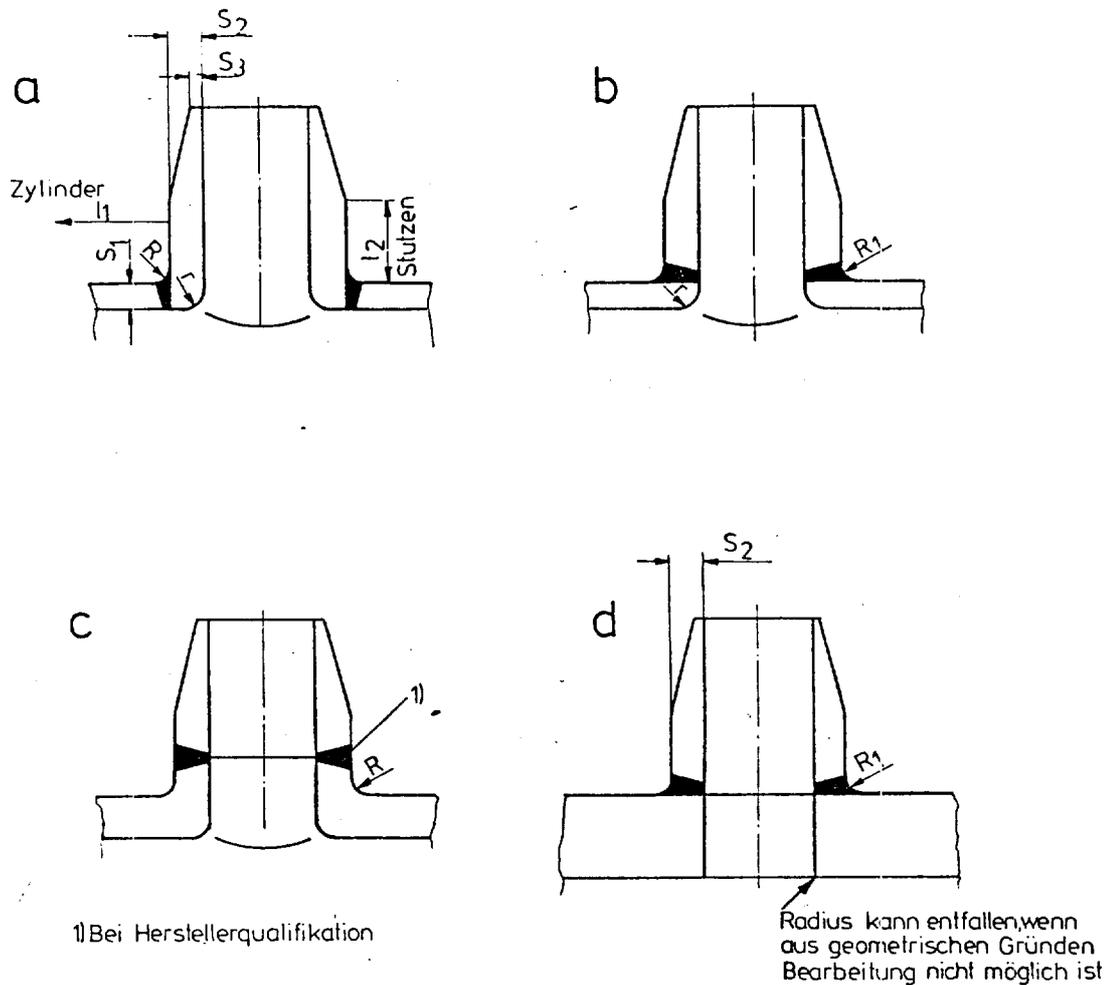
- R bei aufgesetzten Stutzen grundsätzlich $\geq S_2$
- R bei durchgesteckten Stutzen grundsätzlich $\geq 0,5 S_1$
- Für US Prüfung Beschleifen der Wurzel erforderlich
- Bei Aushalsungen sind Durchmesserbegrenzungen zu beachten

| $S_2:S_1$ | $S_2:S_3$ | l.12 |
|--|--|--|
| max. 1,3:1 >1,3 zulässig, wenn nicht zur Verstärkung erforderlich (siehe Punkt 1.2.3) | mind. 1,5:1 (Istmaß) mind 2 bezogen auf rechnerische Wanddicke der anschließenden Rohnteilung | Zugänglichkeit von zwei Nahtseiten erforderlich Prüflängen gemäß Bild 1.2.1/1 (Siehe auch Tabellen 5.3/1 und 5.3/2) |

Bild 1.2.3/1

Rahmenspezifikation Basissicherheit -
Ausführung von Stutzen für Druckbehälter (Beispiele)

- Nur für die Sachverständigen der TÜV bestimmt - Nachdruck nicht gestattet -



1) Bei Herstellerqualifikation

Radius kann entfallen, wenn aus geometrischen Gründen Bearbeitung nicht möglich ist

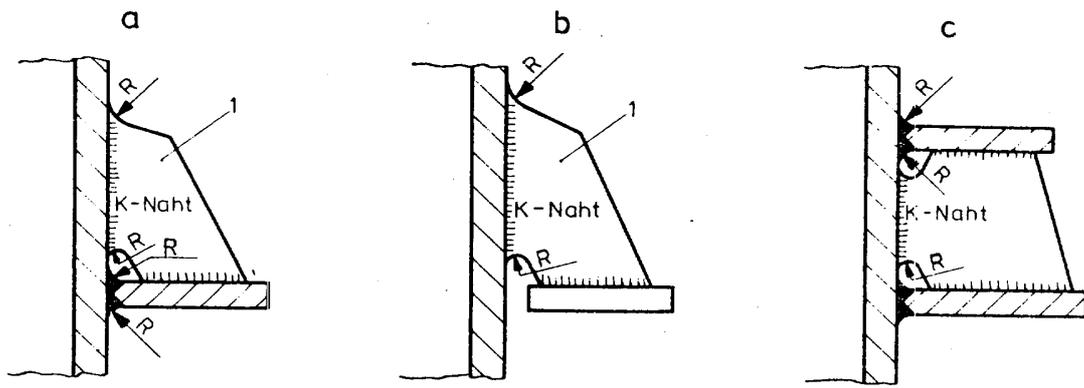
- Für US Prüfung Beschleifen der Wurzel erforderlich
- Bei Aushaltungen sind Durchmesserbegrenzungen zu beachten
- Prüfbedingungen für Anschluß Rohrleitung an Stutzen gemäß Bild 1.2.1/1
- R bei durchgesteckten Stutzen grundsätzlich $\geq 0,5 \cdot S_1$
- R_1 bei aufgesetzten Stutzen grundsätzlich $\geq S_2$

| $S_2:S_1$ | $S_2:S_3$ (nur bei $PN \geq 40$) | 4.1.2 |
|--|---|--|
| max. 1,3:1 >1,3 zulässig, wenn nicht zur Verstärkung erforderlich (siehe Punkt 1.2.3) | mind. 1,5:1 (Istmaß) mind. 2 bezogen auf rechnerische Wanddicke der anschließenden Rohrleitung | Zugänglichkeit von zwei Nahtseiten erforderlich Prüflängen gemäß Bild 1.2.1/1 (Siehe auch Tabellen 5.3/1 und 5.3/2) |

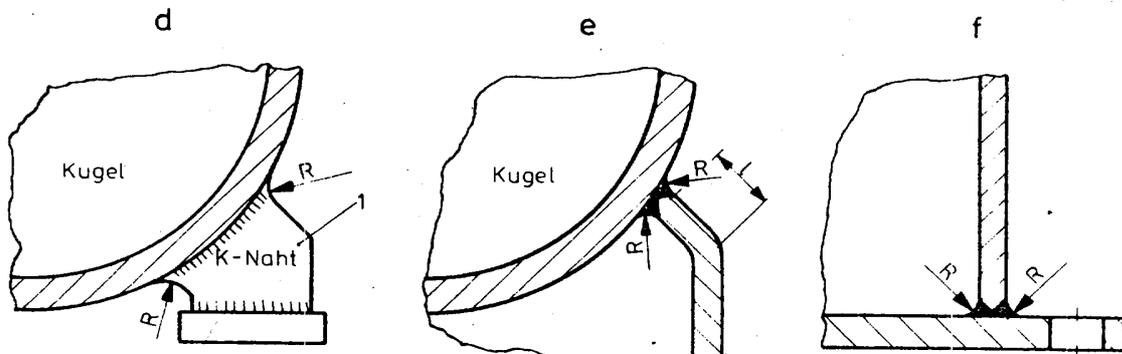
Bild 1.2.3/2

Rahmenspezifikation Basissicherheit -
Ausführung von Formstücken für Rohrleitungen und Armaturen. Beispiele für einseitig geschweißte Nähte.

- Nur für die Sachverständigen der TÜV bestimmt - Nachdruck nicht gestattet -

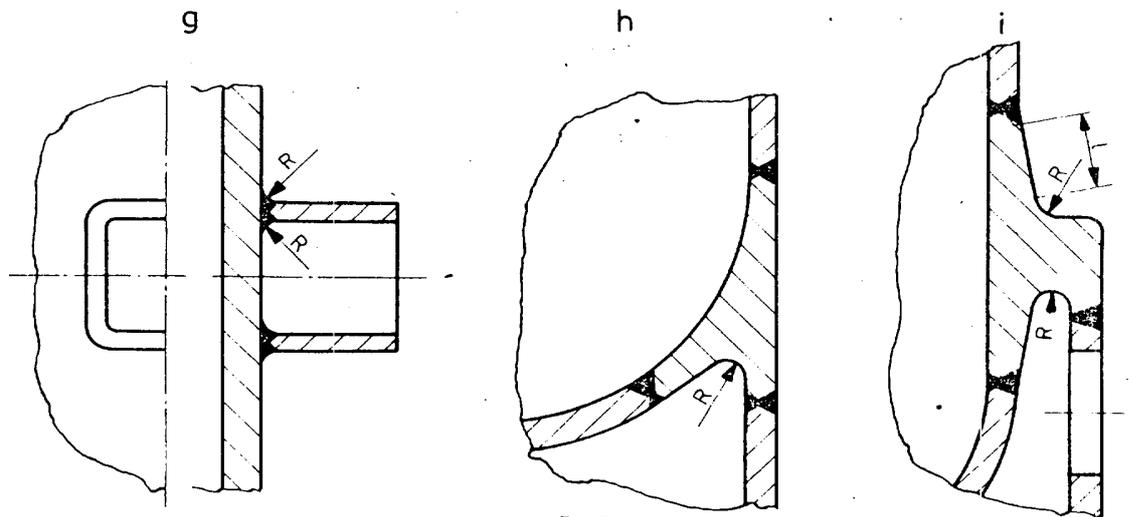


a,b,c kleine Komponenten oder niedriger Druck (Filter, WT, Behälter)



1.) In der Regel 2 Stege je Unterstützungspratze

Tankboden
z.B. Flutbehälter



z.B. Druckspeicher

z.B. Niederdruckbehälter

Bild 1.2.4

Rahmenspezifikation Basissicherheit -
Ausführung von Standzargen und Unterstützungen (Beispiele)

- Nur für die Sachverständigen der TÜV bestimmt - Nachdruck nicht gestattet -

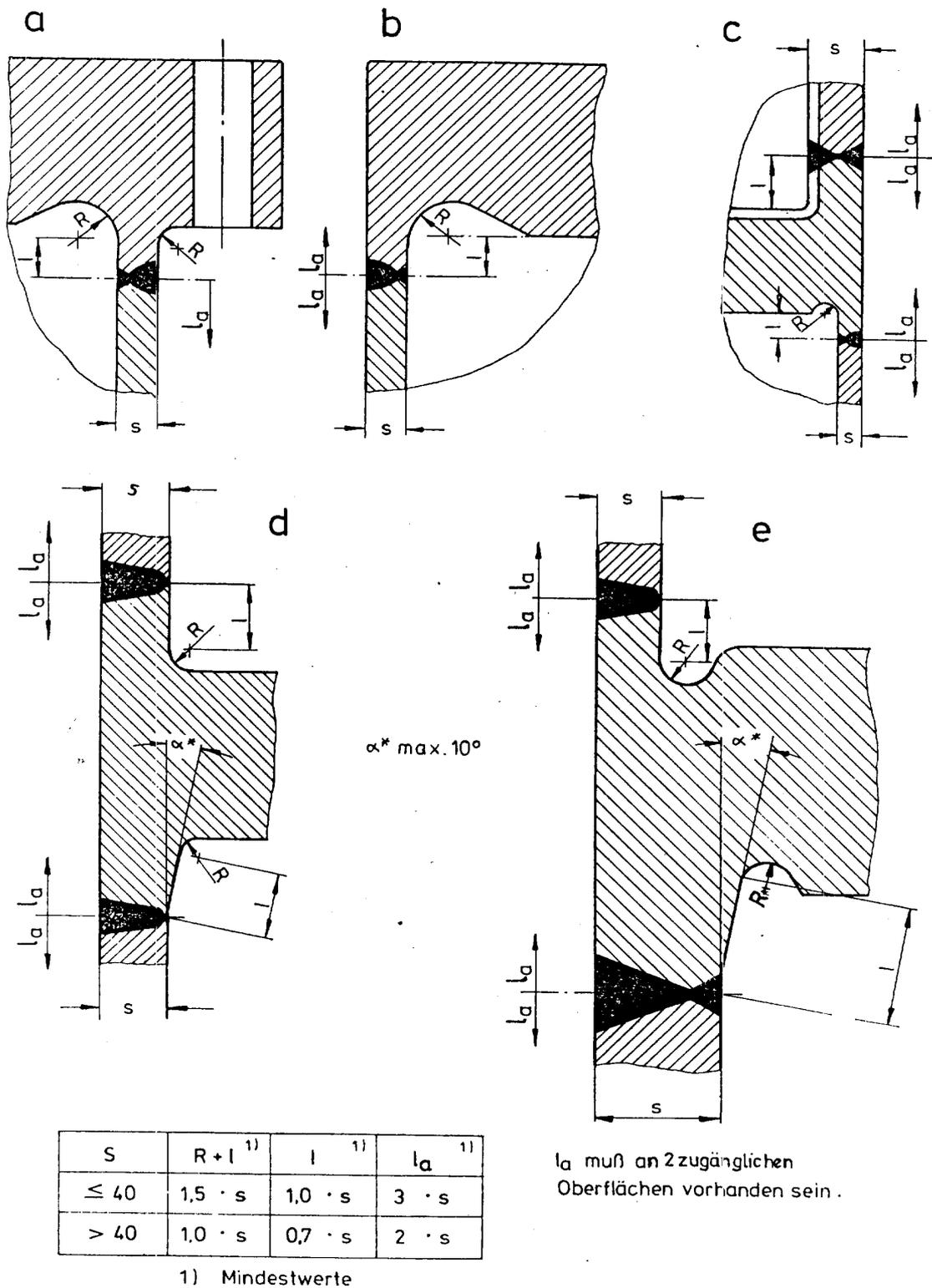
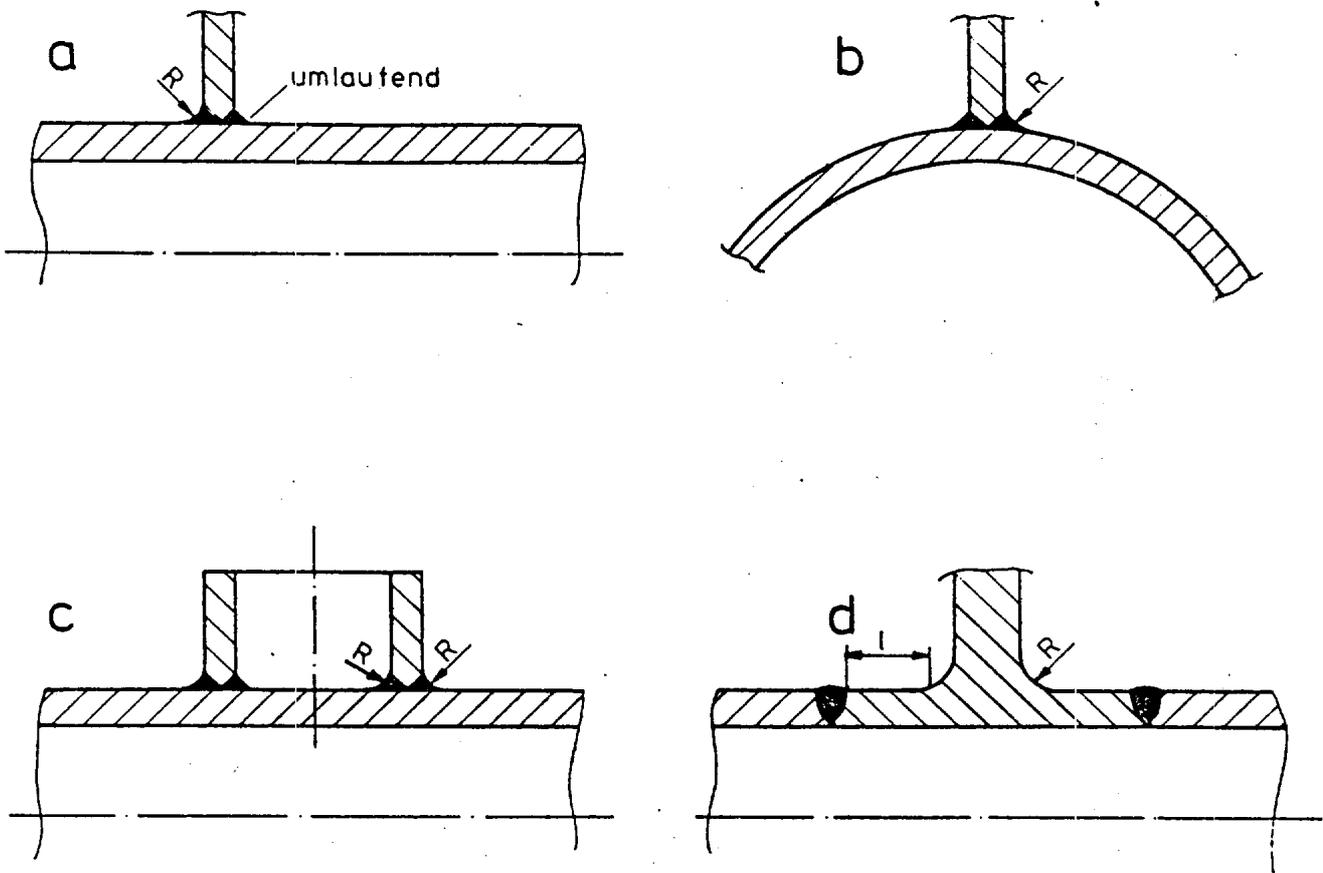


Bild 1.2.5

Rahmenspezifikation Basissicherheit -
Ausführung von Rohrbodenanschlüssen
(US-Prüfbarkeit von außen) (Beispiele)

- Nur für die Sachverständigen der TÜV bestimmt - Nachdruck nicht gestattet -



nur zulässig bis PN 40
(z.B. Endscheiben für Rohrleitungsdurchführung)

Wanddickenverhältnis
Anschluß / Rohr
 $\leq 1,3 : 1$

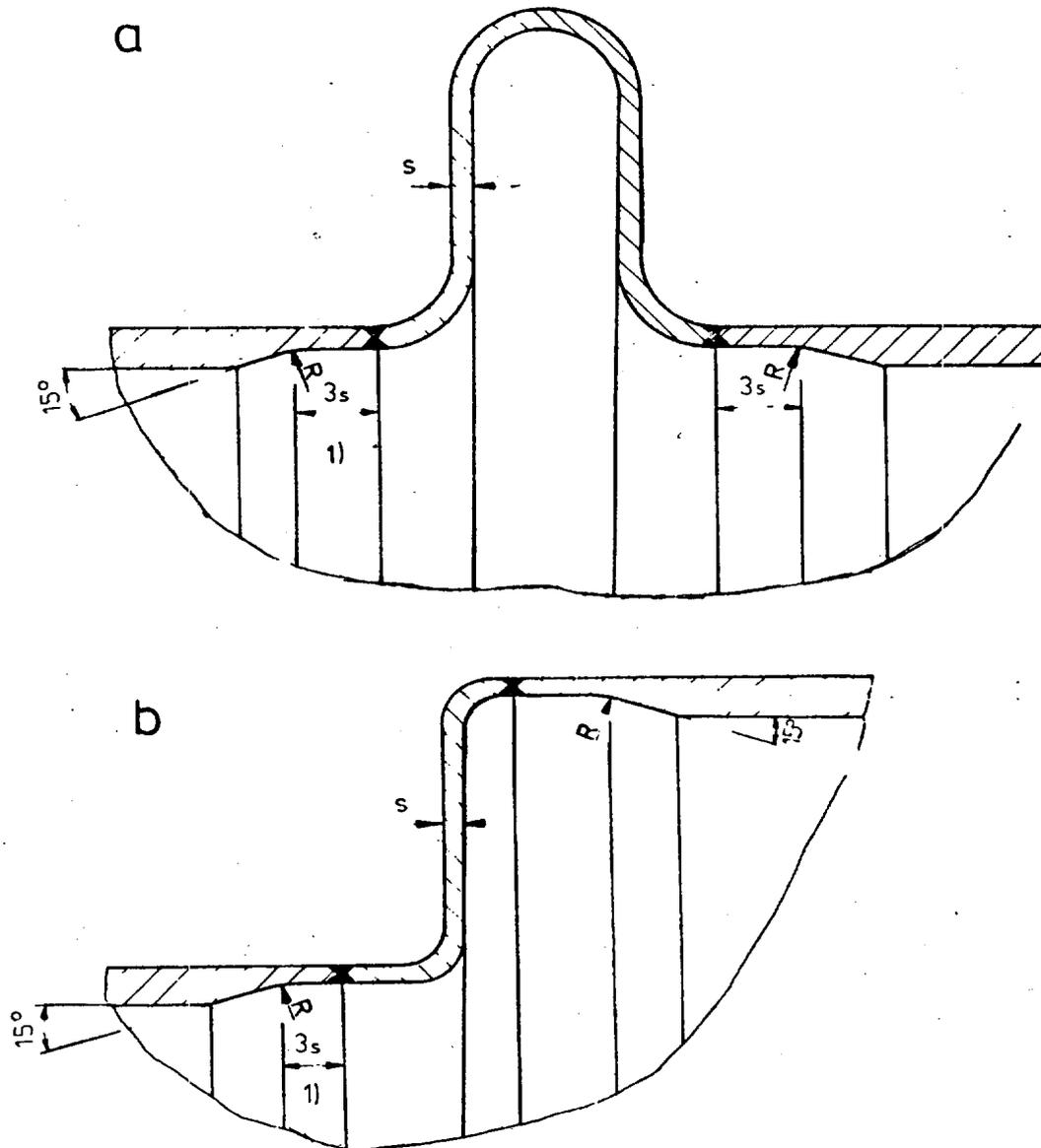
Für Rohrleitungsfestpunkte ist grundsätzlich nur die geschmiedete Ausführung d zulässig (siehe Punkt 1.1.1)

l nach Bild 1.2.1/1

Bild 1.2.6

Rahmenspezifikation Basissicherheit -
Ausführung von geschweißten Anschlüssen an Rohrwandungen für
Aufhängungen und Festpunkte (Beispiele)

- Nur für die Sachverständigen der TÜV bestimmt - Nachdruck nicht gestattet -



Mehrlagenkompensatoren sind bis PN 40 zugelassen. Fertigenachweise sind im Einzelfall zu führen

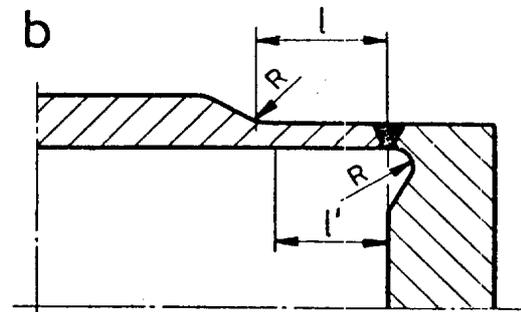
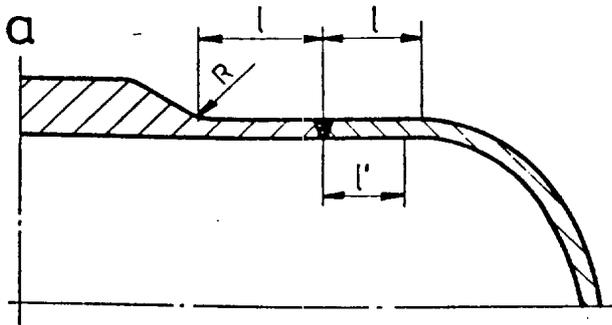
Werkstoff gemäß Werkstoffkonzept

1) Falls ausreichende Stützwirkung vorhanden.

Bild 1.2.7

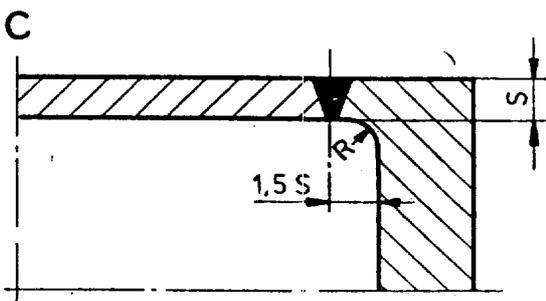
Rahmenspezifikation Basissicherheit -
Ausführung von Kompensatoren (Beispiele)

- Nur für die Sachverständigen der TÜV bestimmt - Nachdruck nicht gestattet -



Zylindrischer Ansatz erforderlich wenn Oberflächenrißprüfung von innen nicht möglich.

Werte in Dickenrichtung gemäß Tabelle 5.2/5



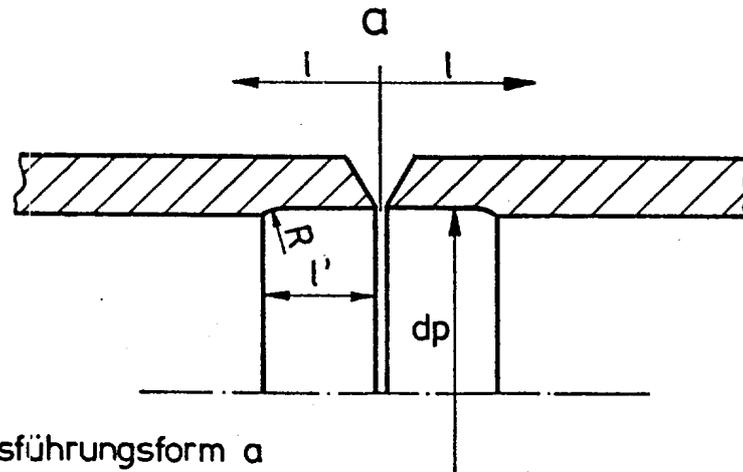
Ausführungsform für kleinere Durchmesser. Hier wird die Durchstrahlungsprüfung eingesetzt.
Werte in Dickenrichtung gemäß Tabelle 5.2/5 oder Krempe warmverformt.

Für die US-Prüfung (für ferritische Werkstoffe und $s \geq 10 \text{ mm}$) müssen die Prüflängen l und l' gemäß Bild 1.2.1/1 vorhanden sein.

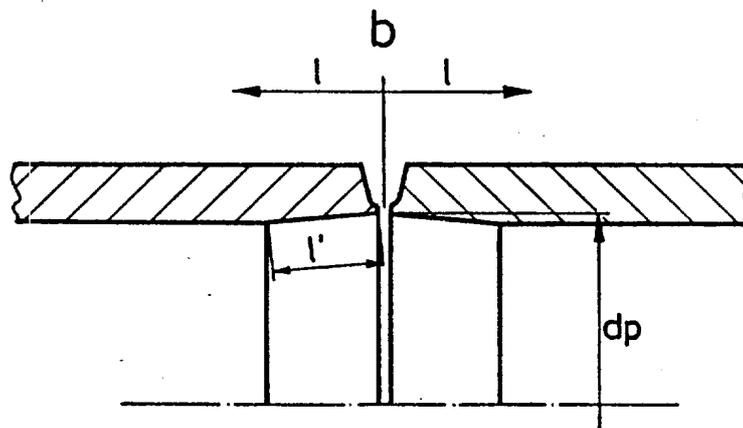
Bild 1.2.8

Rahmenspezifikation Basissicherheit -
Ausführung von Blinddeckeln (Beispiele)

- Nur für die Sachverständigen der TÜV bestimmt - Nachdruck nicht gestattet -



Ausführungsform a
ist zu bevorzugen



Ausführungsform b
für Durchstrahlungsprüfung

Anschrängungswinkel
max. 10° möglichst
kleiner

Maße für l und l'
siehe Bild 1.2 1/1
Durch die mechanische
Bearbeitung der Schweiß-
kanten darf die
Mindestwanddicke nicht
unterschritten werden

| dp (mm) | Toleranz |
|------------|---------------|
| 50 bis 120 | +0 -0,3 mm |
| > 120 | +0 -0,5 mm |

Bild 4.4.2

Rahmenspezifikation Basissicherheit -
Toleranz der Schweißkanten bei einseitig geschweißten Nähten (Rohr-
leitungsrundnähte)