

KTA 3407

Rohrdurchführungen durch den Reaktorsicherheitsbehälter

Fassung 6/91

Die nachfolgend wiedergegebene Regel wurde im Auftrag des Kerntechnischen Ausschusses (KTA) vom Normenausschuß Kerntechnik (NKe) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V. vorbereitet. Der NKe beabsichtigt, diese Regel als Norm DIN 25 432 zu veröffentlichen.

Inhalt

	Seite
Grundlagen	2
1 Anwendungsbereich	2
2 Begriffe	2
3 Werkstoffe	5
4 Auslegung	5
4.1 Sicherheitstechnische Anforderungen	5
4.2 Bruchannahmen	5
4.3 Einstufung der Rohrdurchführungen	5
4.4 Balgkompensatoren	6
5 Konstruktion	6
5.1 Allgemeines	6
5.2 Räumliche Anordnung	7
5.3 Festlegung der Bauarten von Rohrdurchführungen	7
5.4 Prüfgerechte Gestaltung	13
5.5 Dekontaminierbarkeit	13
5.6 Nichtintegrale Stützkonstruktionen	13
5.7 Balgkompensatoren	13
6 Berechnung	13
6.1 Allgemeines	13
6.2 Lastfall eingeschlossenes Medium	13
6.3 Berechnung der nichtintegralen Stützkonstruktionen	13
7 Vorprüfung und Herstellung	13
8 Transport und Lagerung	17
8.1 Transport	17
8.2 Lagerung	17
9 Montage	17
9.1 Allgemeines	17
9.2 Prüfungen nach der Montage	17
10 Dokumentation	17
11 Wiederkehrende Prüfungen	17
Anhang A: Balgkompensatoren	18
Anhang B: Anforderungen an Bauteile der EG 2 und an Bauteile der Anforderungsstufe R 3	23
Anhang C: Bestimmungen, auf die in dieser Regel verwiesen wird	30
Stichwortverzeichnis	32

Grundlagen

(1) Die Regeln des Kerntechnischen Ausschusses (KTA) haben die Aufgabe, sicherheitstechnische Anforderungen anzugeben, bei deren Einhaltung die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden durch die Errichtung und den Betrieb kerntechnischer Anlagen (§ 7 Abs. 2 Nr. 3 Atomgesetz) getroffen ist, um die im Atomgesetz und in der Strahlenschutzverordnung festgelegten Schutzziele zu erreichen. Für Kernkraftwerke sind diese Schutzziele näher konkretisiert in den "Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke" des BMI.

(2) Für die Durchführung von Rohrleitungen durch den Reaktorsicherheitsbehälter werden in den "Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke" Kriterium 8.4 "Durchführungen durch den Sicherheitsbehälter" Anforderungen gestellt. Dabei wird zwischen Rohrleitungen, die den Reaktorsicherheitsbehälter durchdringen und mit dem Reaktorkühlmittel oder der Innenatmosphäre des Reaktorsicherheitsbehälters in Verbindung stehen und solchen, die mit dem Reaktorkühlmittel oder der Innenatmosphäre des Reaktorsicherheitsbehälters nicht in Verbindung stehen, unterschieden.

(3) Den Reaktorsicherheitsbehälter durchdringende Rohrleitungen werden so ausgelegt und hergestellt, daß sie den aus Druck und Temperatur im Reaktorsicherheitsbehälter auftretenden Belastungen standhalten.

(4) Die in dieser Regel behandelten Rohrdurchführungen dienen dem Zweck, mediumführende Rohrleitungen druckfest und technisch gasdicht durch die Wand des Reaktorsicherheitsbehälters zu führen. Hierbei ergeben sich - je nach Beanspruchung der einzelnen Rohrleitung, des Reaktorsicherheitsbehälters und deren wechselseitiger Beeinflussung - Konstruktionen mit und ohne Balgkompensatoren.

(5) Die Rohrdurchführungen haben eine besondere Bedeutung, da sie die sicherheitstechnischen und betrieblichen Anforderungen sowohl des Reaktorsicherheitsbehälters als auch der Rohrleitungen erfüllen müssen. In diesem Zusammenhang ergeben sich für die Rohrdurchführungen folgende miteinander in Einklang zu bringenden Anforderungen:

- a) Sicherstellung des Einschlusses der Reaktorsicherheitsbehälter-Atmosphäre im Betrieb,
- b) Sicherstellung des Einschlusses der Reaktorsicherheitsbehälter-Atmosphäre bei Kühlmittelverluststörfällen,
- c) Anforderungen aus den durchzuführenden Rohrleitungssystemen,
- d) Anforderungen aus zu unterstellendem Versagen der mediumführenden Rohrleitung. Entsprechend diesen sicherheitstechnischen Anforderungen werden im Abschnitt 4.1 Bereiche definiert.

(6) In dieser Regel werden nur durchführungsbezogene Festlegungen vorgegeben. Zusätzlich wird verwiesen auf:

- a) KTA 3201 Teil 1 bis Teil 3,
- b) KTA 3211 Teil 1 bis Teil 3,
- c) KTA 3401 Teil 2 bis Teil 4.

Hinweis:

Aus betrieblichen und sicherheitstechnischen Gründen ist ein Reaktorsicherheitsbehälter mit Schleusen, Rohrleitungs- und Kabeldurchführungen versehen. Anforderungen sind enthalten in

- KTA 3402 "Schleusen am Reaktorsicherheitsbehälter von Kernkraftwerken - Personenschleusen"
- KTA 3403 "Kabeldurchführungen im Reaktorsicherheitsbehälter von Kernkraftwerken"
- KTA 3409 "Schleusen am Reaktorsicherheitsbehälter von Kernkraftwerken - Materialschleusen".

Für die Abschließung der den Reaktorsicherheitsbehälter durchdringenden Rohrleitungen von Betriebssystemen im Falle einer

Freisetzung von radioaktiven Stoffen in den Reaktorsicherheitsbehälter gilt KTA 3404.

1 Anwendungsbereich

(1) Diese Regel ist anzuwenden auf Rohrdurchführungen durch den Reaktorsicherheitsbehälter aus Stahl für Kernkraftwerke mit Leichtwasserreaktoren.

Hinweis:

Für Rohrdurchführungen durch Reaktorsicherheitsbehälter aus Beton mit Liner darf diese Regel in Abstimmung mit dem Sachverständigen sinngemäß angewendet werden.

(2) Zur Rohrdurchführung gehören:

- a) alle Bauteile zwischen dem Stutzen im Reaktorsicherheitsbehälter und dem mediumführenden Rohr einschließlich der Anschlußnaht am Reaktorsicherheitsbehälterstutzen,
- b) das mediumführende Rohr zwischen innerer und äußere Abschlußarmatur. Ist keine innenliegende Armatur vorgesehen, gilt die erste zugängliche Rohrrundnaht außerhalb des Reaktorsicherheitsbehälterstutzens als Grenze.

(3) Nicht zur Rohrdurchführung gehören der in den Reaktorsicherheitsbehälter eingeschweißte Stutzen und die Abschlußarmaturen.

(4) Bei Rohrdurchführungen, bei denen beide Abschlußarmaturen außerhalb des Reaktorsicherheitsbehälters angeordnet sind, gehört das mediumführende Rohr zwischen diesen beiden Abschlußarmaturen zur Rohrdurchführung.

(5) Anforderungen an die druckführende Wand von Absperreinrichtungen sind nicht Gegenstand dieser Regel.

Hinweis:

Anforderungen sind enthalten in

- KTA 3201 "Komponenten des Primärkreises von Leichtwasserreaktoren" Teil 1 bis Teil 3
- KTA 3211 "Druck- und aktivitätsführende Komponenten von Systemen außerhalb des Primärkreises" Teil 1 bis Teil 3,
- KTA 3601 "Lüftungstechnische Anlagen in Kernkraftwerken".

2 Begriffe

(1) Anforderungsstufen

Im Durchführungsabschnitt sind Bauteile von Rohrdurchführungen mit gleichen Anforderungen, Anforderungsstufen R 1 bis R 3, zugeordnet.

- a) Die Anforderungsstufe R 1 berücksichtigt die Anforderungen, die an Bauteile von Rohrleitungen zum Einschluß des Reaktorkühlmittels und des Einschlusses der Reaktorsicherheitsbehälter-Atmosphäre zu stellen sind.
- b) Die Anforderungsstufe R 2 berücksichtigt die Anforderungen, die an Bauteile von Rohrleitungen mit besonderer sicherheitstechnischer Bedeutung hinsichtlich ihres Versagens (siehe Rahmenspezifikation Basissicherheit) und hinsichtlich des Einschlusses der Reaktorsicherheitsbehälter-Atmosphäre zu stellen sind.
- c) Die Anforderungsstufe R 3 berücksichtigt die Anforderungen, die an Bauteile zu stellen sind, die nicht der Anforderungsstufe R 1 oder R 2 zuzuordnen sind, weil der Einschluß der Reaktorsicherheitsbehälter-Atmosphäre durch eine zweite Barriere sichergestellt ist.

(2) Anschlußteil

Das Anschlußteil ist die Verbindung zwischen dem jeweiligen Balgende und dem rohrdurchführungs- und sicherheitsbehälterseitigen Anschluß (siehe **Bild 2-1**).

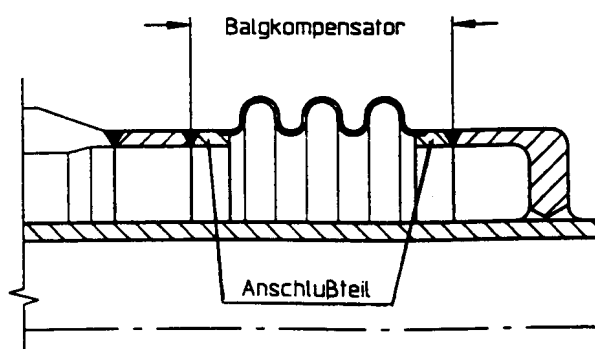


Bild 2-1: Anschlußteil

(3) Arbeitsdruck

Der Arbeitsdruck eines Mediums ist der für den Ablauf einer oder mehrerer Grundoperationen in einem Anlagenteil vorgesehene innere oder äußere Überdruck.

(4) Arbeitstemperatur

Die Arbeitstemperatur eines Mediums ist die für den Ablauf einer oder mehrerer Grundoperationen in einem Anlagenteil vorgesehene Temperatur.

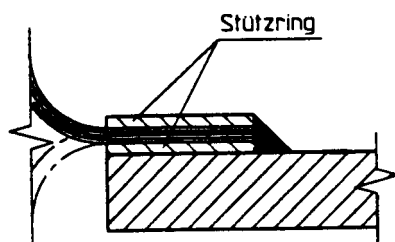


Bild 2-2: Stützring

(5) Balg

Ein Balg ist ein Wellrohr, dessen Wellen aufgrund federnder Eigenschaft axiale, angulare und laterale Bewegungen auszuführen vermögen. Zum Balg zählen nicht Stützringe (siehe Bild 2-2) und Konstruktionen zur Führung der Wellen.

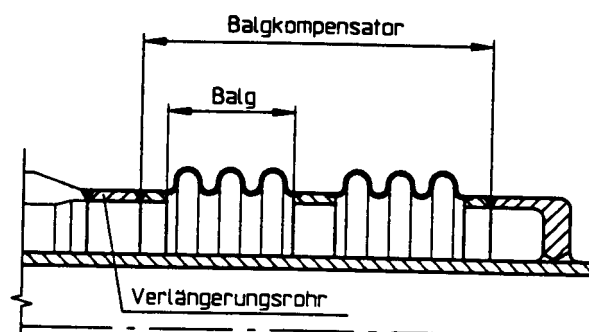


Bild 2-3: Balgkompensator

(6) Balgkompensator

Der Balgkompensator ist ein Bauteil, das aus dem Balg und den beiden Anschlußteilen sowie gegebenenfalls den Bauteilen von geführten Balgkompensatoren besteht (siehe Bild 2-3).

(7) Bauteile von Rohrdurchführungen

Bauteile von Rohrdurchführungen sind:

- mediumführende Rohre innerhalb oder außerhalb des Durchführungsabschnittes,
- Endscheiben, angeschmiedet oder angeschweißt,
- Ausblase- oder Verlängerungsrohre,
- Stützkonstruktionen, integral oder nichtintegral,
- Balgkompensatoren.

(8) Durchführungsabschnitt

Der Durchführungsabschnitt ist der Bereich zwischen den Anschlußschweißnähten des mediumführenden Rohres nach Bild 4-1.

(9) Einzelteilgruppen

Bauteile von Rohrdurchführungen sind zu Einzelteilgruppen EG 1 und EG 2 zusammengefaßt.

- Zur Einzelteilgruppe EG 1 gehören Bauteile, die einer Druckdifferenz zwischen der Atmosphäre und dem mediumführenden Rohr unterliegen. Verbindungselemente, die diese Bauteile miteinander verbinden sowie Anschweißnähte an diese Bauteile und integrale Stützkonstruktionen werden der EG 1 zugeordnet.

- Zur Einzelteilgruppe EG 2 gehören an Bauteile der EG 1 angeschweißte Bauteile einschließlich der Anschweißnähte. Beispiele der Zuordnung von Bauteilen zur Einzelteilgruppe EG 1 und EG 2 sind der Tabelle 2-1 zu entnehmen.

(10) Klammernaht

Eine Klammernaht ist eine Stirnflachnaht, mittels derer die Enden der einzelnen Lagen mehrlagiger Balgkompensatoren verschweißt sind.

(11) Mediumführende Rohre

Mediumführende Rohre sind die dem Transport flüssiger, dampf- oder gasförmiger Stoffe dienenden Rohre.

(12) Rohrdurchführungen

Rohrdurchführungen sind Konstruktionen, die den druckfesten und technisch gasdichten Durchtritt mediumführender Rohre durch die Reaktorsicherheitsbehälterwand gestatten.

Einzelteilgruppe EG 1	Einzelteilgruppe EG 2
<ol style="list-style-type: none"> Rohre (mediumführende Rohre, Ausblase- und Verlängerungsrohre), Rohrbogen, Endscheiben, Balgkompensatoren, Stutzen für Prüfan-schlüsse, Anschweißnähte an Bauteile der EG 1, Anschlußnähte der Führungsbleche an die Reaktorsicherheitsbehälterstutzen, Flansche und Flanschverbindungen, Anschweißteile für integrale Stützkonstruktionen 	<ol style="list-style-type: none"> Führungsbleche und -nocken, Anschlußnähte der Führungsbleche an die nicht zum Sicherheitsanschluß gehörenden Mauerrohre Entlüftungsleitungen innerhalb der Kammerung.

Tabelle 2-1: Beispiele für die Zuordnung von Bauteilen zu EG 1 und EG 2

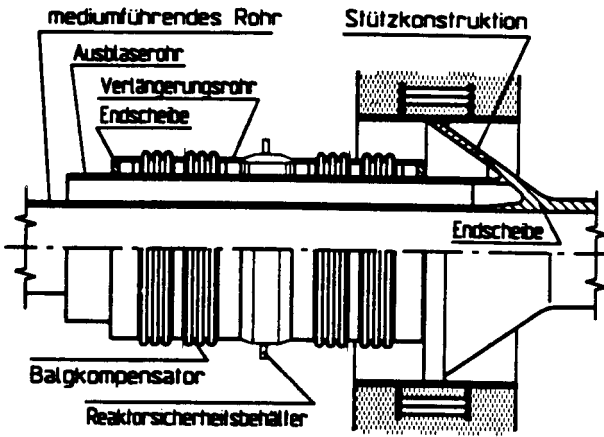
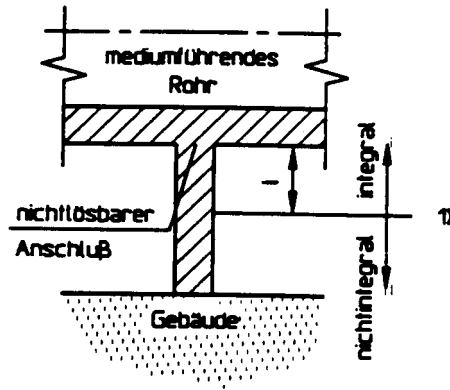


Bild 2-4: Bauteile von Rohrdurchführungen

(13) Stützkonstruktionen

a) Integrale Stützkonstruktionen

Integrale Stützkonstruktionen sind Bauteile, die fest mit der Rohrleitung oder Rohrdurchführung verbunden sind (z.B. angeschweißt, angeschmiedet, aus dem Vollen gearbeitet) und Unterstützungsfunktion haben (siehe Bild 2-5).



1) Grenze des Einflußbereiches des mediumführenden Rohres

Bild 2-5: Schematische Darstellung integraler Stützkonstruktionen

Im einzelnen handelt es sich dabei um die unmittelbar an die druckführende Wand der Rohrleitung anschließenden Bereiche, die innerhalb der Abklinglänge "l" liegen (siehe Bild 2-6). Befindet sich innerhalb der Abklinglänge "l" ein lösbarer Anschluß, so ist an dieser Stelle die Grenze zwischen der integralen und nichtintegralen Stützkonstruktion (siehe Bild 2-7). Die Abklinglänge "l" wird für Schalen (z.B. rohrförmige Stützen oder Zargen) wie folgt ermittelt:

$$l = 0,5 \cdot \sqrt{\bar{r} \cdot sN}$$

mit

\bar{r} = mittlerer Radius der Rohrleitung

sN = Nennwanddicke der Rohrleitung abzüglich Zuschläge

b) Nichtintegrale Stützkonstruktionen

Nichtintegrale Stützkonstruktionen sind Bauteile, die lösbar mit der Rohrleitung oder Rohrdurchführung verbunden sind (z.B. geschraubt oder gestiftet) sowie Bauteile mit Unterstützungsfunktion, die in Bereichen außerhalb der Abklinglänge "l" angeordnet sind (siehe Bilder 2-5 bis 2-7).

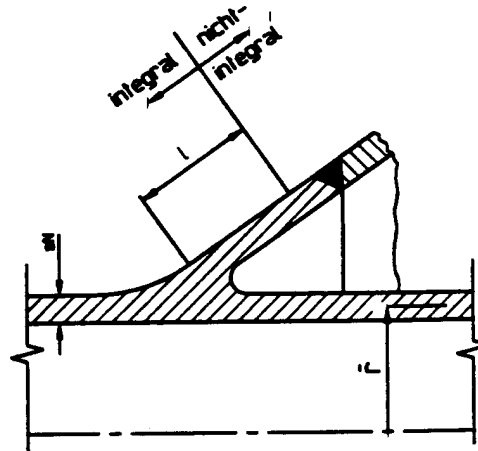
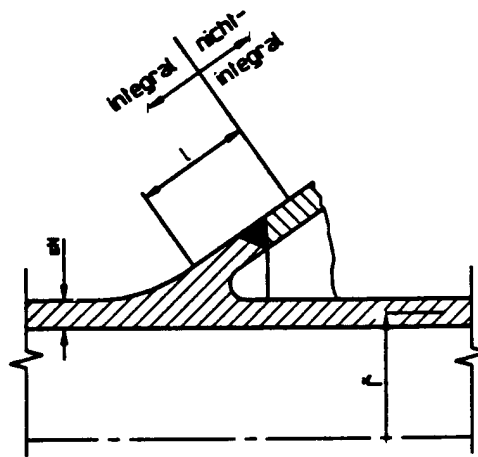
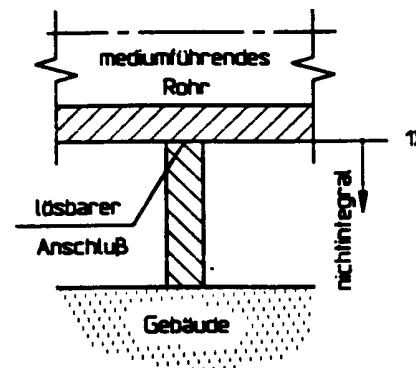


Bild 2-6: Beispiele für Stützkonstruktionen



1) Grenze des Einflußbereiches des mediumführenden Rohres

Bild 2-7: Schematische Darstellung nichtintegraler Stützkonstruktionen

(14) Sicherheitseinschluß

Der Sicherheitseinschluß ist das System aus Reaktorsicherheitsbehälter und umgebendem Gebäude sowie den Hilfssystemen zur Rückhaltung und Filterung etwaiger Leckagen aus dem Reaktorsicherheitsbehälter.

(15) Zulässiger Betriebsüberdruck

Der zulässige Betriebsüberdruck für ein Bauteil ist der höchste Innen- oder Außenüberdruck, der für dieses Bauteil aufgrund des Werkstoffs und der Berechnungsgrundlagen bei der zulässigen Betriebstemperatur bei störungsfreiem Betrieb zugelassen ist.

3 Werkstoffe

- (1) Für Bauteile und Schweißnähte der EG 1 sind in der
- Anforderungsstufe R 1 die Werkstoffe nach KTA 3201.1 und die Schweißzusätze und -hilfsstoffe nach KTA 3201.3,
 - Anforderungsstufe R 2 die Werkstoffe nach KTA 3211.1 und die Schweißzusätze und -hilfsstoffe nach KTA 3211.3,
 - Anforderungsstufe R 3 die Werkstoffe, Schweißzusätze und -hilfsstoffe nach Anhang B

zugelassen. Die niedrigste Beanspruchungstemperatur für Ferrit zur Berücksichtigung bei der Abnahmeprüfung von Grundwerkstoffen und Schweißzusätzen ist die Druckprüf-temperatur des Reaktorsicherheitsbehälters. Es genügt als niedrigste Beanspruchungstemperatur die der Rohrleitung, wenn bei der Druckprüfung des Reaktorsicherheitsbehälters die primären Membranspannungen im betroffenen Bauteil nur 20% der Streckgrenze des Werkstoffes ausmachen. Anderenfalls gilt die niedrigste Temperatur des Reaktorsicherheitsbehälters.

(2) Für Bauteile und Schweißnähte der EG 2 sind in den Anforderungsstufen R 1 bis R 3 Werkstoffe nach Anhang B zugelassen.

(3) Die Festlegungen für Werkstoffe von Balgkompensatoren sind Anhang A, Abschnitt A.2 zu entnehmen.

4 Auslegung

4.1 Sicherheitstechnische Anforderungen

(1) Die sicherheitstechnischen und betrieblichen Aufgaben von Rohrdurchführungen betreffen einerseits die Reaktorsicherheitsbehälterfunktion (Einschluß von Radioaktivität, Lüftungsführung), andererseits die Rohrleitungsfunktion (Mediumeinschluß). Zur Erfüllung dieser Aufgaben ist die Integrität der Rohrdurchführungen bei bestimmungsgemäßem Betrieb sowie bei folgenden Störfällen und Ereignissen nachzuweisen:

- Druckaufbau im Reaktorsicherheitsbehälter durch Kühlmittelverlust,
- Brüchen von mediumführenden Rohren innerhalb und außerhalb der Rohrdurchführung nach Abschnitt 4.2, Absätze 1 und 2.

(2) Überlagerungen mit anderen Belastungen (z.B. Erdbeben, oder Ausdehnung des Mediums infolge Erwärmung des eingeschlossenen Mediums nach einem Kühlmittelverluststörfall) sind in **Tabelle 6-1** festgelegt.

(3) Für die Ereignisse Explosionsdruckwelle und Flugzeugabsturz ist für das mediumführende Rohr nur dann ein Integritätsnachweis zu führen, wenn die Integrität des Rohrleitungssystems bei diesen Ereignissen erhalten bleiben muß.

(4) Entsprechend den oben beschriebenen Anforderungen ist die Rohrdurchführung in die nachfolgend genannten Bereiche zu unterteilen (siehe **Bild 4-1**):

Bereich I: umfaßt Bauteile, die Sicherheitseinschlußfunktion haben (z.B. Anschweißende des Reaktorsicherheitsbehälterstützens, Endscheiben, Balgkompensatoren). Bei innen offenen Systemen wie Bauart II (siehe **Bild 5-2**) gehören hierzu auch Bauteile wie Verlängerungsrohre oder mediumführende Rohre bis zur ersten Abschlußarmatur.

Bereich II: umfaßt Schutzkonstruktionen für den Bereich I und für den Reaktorsicherheitsbehälter (z.B. Ausblaserohr oder vergleichbare Konstruktionen).

Bereich III: umfaßt Bauteile des mediumführenden Rohres, die bei bestimmungsgemäßem Betrieb ausschließlich dem Medieneinschluß dienen. Der Abschluß des Reaktorsicherheitsbehälters wird nur bei Kühlmittelverluststörfällen und Anstehen der Notkühlkriterien sicherheitstechnisch relevant. Es ergeben sich daraus jedoch keine An-

forderungen an die Integrität der Rohrleitung zwischen den Abschlußarmaturen, wenn Kriterium 1 (siehe Abschnitt 5.3 Absatz 2 a) erfüllt ist.

5) Es ist sicherzustellen, daß ein Bruch oder Leck des mediumführenden Rohres außerhalb des Bereiches I keine Folgeschäden in Bereich I oder des mediumführenden Rohres auf der anderen Seite des Reaktorsicherheitsbehälters verursacht und daß die Funktion der dort befindlichen Gebäudeabschlußarmatur sichergestellt ist.

(6) Der Lastfall Rohrleitungsbruch stellt für die gesamte Rohrdurchführung einen Störfall (Schadensfall) dar. Bauteile der Anforderungsstufe R 1 müssen nach Beanspruchungsstufe D KTA 3201.2, Bauteile der Anforderungsstufen 2 und 3 nach Beanspruchungsstufe D KTA 3211.2 abgesichert werden.

4.2 Bruchannahmen

(1) Im Bereich III sind diejenigen Bruchannahmen (Lastfall St 4 und St 5 nach **Tabelle 6-1**) zu treffen, die der durchzuführenden Rohrleitung zugeordnet sind.

(2) Zeigen die Störfallanalysen, daß bei den oben genannten Bruchannahmen Auswirkungen auftreten, 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 Bruchabschluß sein.

(3) In den Bereichen I, II und III sind bei Einhaltung der Anforderungen dieser Regel keine Brüche oder Lecks als Einzelfehler im Anforderungsfall an den Sicherheitseinschluß (Lastfall St 1 nach **Tabelle 6-1**) zu unterstellen.

4.3 Einstufung der Rohrdurchführungen

(1) Das mediumführende Rohr ist grundsätzlich so einzustufen wie die durchzuführende Rohrleitung. Für durchzuführende Rohrleitungen, die nicht in KTA geregelt sind, ist Anhang B anzuwenden.

Hinweis:

Bei Rohrdurchführungen ist zwischen nicht gekammerten (einfache Barriere) und gekammerten Ausführungen (doppelte Barriere) zu unterscheiden.

(2) Die Anforderungen an die Integrität des Sicherheitseinschlusses gelten als erfüllt, wenn die der nachfolgend aufgeführten Einstufung zugeordneten Anforderungen für die Bauteile des Durchführungsabschnitts erfüllt werden. Es gilt:

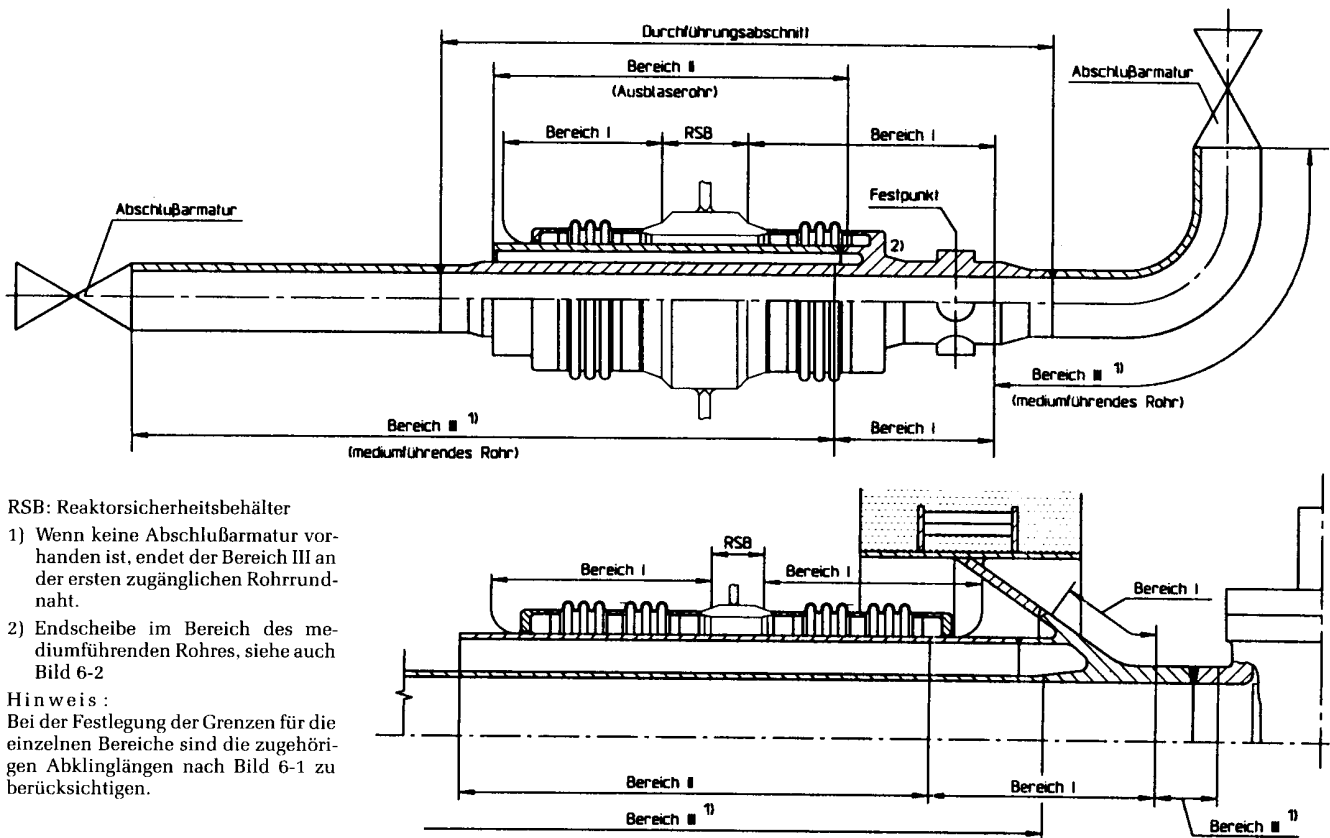
- Anforderungsstufe R 2, wenn eine Barriere vorhanden ist.

Eine Einstufung in Anforderungsstufe R 3 anstelle von Anforderungsstufe R 2 ist bei durchzuführenden Rohrleitungen zugelassen, wenn eine Barriere vorhanden ist, Endscheibe und mediumführendes Rohr aus einem Stück geschmiedet sind, als Werkstoff Austenit oder ein für den Reaktorsicherheitsbehälter zugelassener ferritischer Stahl verwendet wird und der Nachweis der Überdimensionierung für den Bereich I (Endscheibe/Bereich des Anschlusses an das mediumführende Rohr) geführt wird. Dieses ist dem Sachverständigen nachzuweisen.

Eine Überdimensionierung liegt vor, wenn die Vergleichsspannung aus primären Spannungen in Beanspruchungsstufe A und Beanspruchungsstufe B nur bis zu maximal 40% der zugelassenen Spannung ausgenutzt wird (dieses entspricht einem Sicherheitsfaktor von 2,5).

- Anforderungsstufe R 3, wenn zwei Barrieren vorhanden sind.

(3) Die Einstufung von Bauteilen einer Rohrdurchführung in Abhängigkeit der durchzuführenden Rohrleitung ist der **Tabelle 4-1** zu entnehmen. Diese Einstufung gilt sinngemäß auch für Schweißnähte und integrale Stützkonstruktionen.



RSB: Reaktorsicherheitsbehälter

- 1) Wenn keine Abschlußarmatur vorhanden ist, endet der Bereich III an der ersten zugänglichen Rohrrundnaht.
- 2) Endscheibe im Bereich des mediumführenden Rohres, siehe auch Bild 6-2

Hinweis:

Bei der Festlegung der Grenzen für die einzelnen Bereiche sind die zugehörigen Abklinglängen nach Bild 6-1 zu berücksichtigen.

Bild 4-1: Darstellung der Bereiche I, II und III für die Zuordnung der sicherheitstechnischen Anforderungen

4.4 Balgkompensatoren

Festlegungen für die Auslegung von Balgkompensatoren sind Anhang A Abschnitt A 3 zu entnehmen.

5 Konstruktion

5.1 Allgemeines

(1) Rohrdurchführungen sind grundsätzlich mit dem Reaktorsicherheitsbehälterstutzen zu verschweißen. Mit dem Reaktorsicherheitsbehälter verschraubte Rohrdurchführungen sind unter Beachtung der Dichtheitsanforderungen in Abstimmung mit dem Sachverständigen zugelassen (siehe **Bild 5-1.1**).

Hinweis:

Verlängerungsrohre werden unter anderem eingesetzt, um Mischverbindungen bei den Anschlußnähten am Reaktorsicherheitsbehälter zu vermeiden.

(2) Bei der Konstruktion der Rohrdurchführungen ist zu beachten, daß die Temperatur der durchgeführten Rohrleitungssysteme höher sein kann, als die Berechnungstemperatur der Reaktorsicherheitsbehälterstutzen. Falls erforderlich, sind entsprechende Dämmungs- und Wärmeableitungsmöglichkeiten anzusehen, um ein Überschreiten der zulässigen Temperatur der Reaktorsicherheitsbehälterstutzen zu verhindern.

(3) Durchführungen, die aufgrund hoher Belastung (Kriterium 1, siehe Abschnitt 5.3 Absatz 1 a) nicht mittels einer starren Verbindung an den Reaktorsicherheitsbehälterstutzen angeschlossen werden können, sind mittels Balgkompensatoren anzuschließen. Die Prüfbarkeit der Balgkompensatoren auf Dichtheit muß durch entsprechende Einrichtungen (z.B. Kammerung des Anschlußbereichs) sichergestellt werden.

Kammerungen sind mit Stützen zur Durchführung von Dichtheitsprüfungen auszurüsten. Die Stützen sind an der tiefsten Stelle anzuordnen.

(4) Bei nicht horizontal liegenden Rohrdurchführungen der Bauarten I und IV (siehe **Bilder 5-1.1, 5-1.2, 5-4.1 und 5-4.2**) sind die Bauteile in der Weise anzuordnen, daß Toträume, in denen sich Korrosionsprodukte sammeln können, vermieden werden.

(5) Bei Rohrdurchführungen der Bauarten III und IV ist der Abstand zwischen Reaktorsicherheitsbehälterstutzen und mediumführendem Rohr oder Ausblaserohr so festzulegen, daß es bei Betriebs- oder Störfällen zu keinen unzulässigen Belastungen (z.B. durch Anliegen) kommt. Die Anordnung der Festpunkte ist so zu wählen, daß keine wesentliche Torsionsbeanspruchung für den Balgkompensator auftritt.

(6) Es ist eine Liste sämtlicher Rohrdurchführungen zu erstellen und auf dem aktuellen Stand zu halten. Sie muß folgende Angaben enthalten:

- a) Bauart der Rohrdurchführung,
- b) Nennweite,
- c) durchzuführende Rohrleitung,
- d) Einstufung der durchzuführenden Rohrleitung,
- e) Medium,
- f) Werkstoffe des mediumführenden Rohres,
- g) Auslegungsdaten,
- h) Bezeichnung des Reaktorsicherheitsbehälterstutzens. Die nicht benutzten Reaktorsicherheitsbehälterstutzen sind mit aufzuführen.

Durchzuführende Rohrleitung im Anwendungsbereich von	mediumführendes Rohr außerhalb des Durchführungsabschnittes ¹⁾	Bauteile einer Rohrdurchführung		mediumführendes Rohr im Durchführungsabschnitt ¹⁾ und angeschmiedete Endscheibe, falls vorhanden	angeschweißte Endscheibe, Ausblase- und Verlängerungsrohr		Balgkompensator
		Stabtragwerke	Flächentragwerke		nicht gekammert	gekammert	
KTA 3201	KTA 3201	KTA 3205.1	Anhang B	R1	R2	R3 ²⁾	R3 ²⁾
KTA 3211 und Leck vor Bruchkriterium (KTA 3211.3 Abschnitt 14)	KTA 3211 mit Zusatzanforderungen nach KTA 3211.3 Abschnitt 14	KTA 3205.2		R2 mit Anforderungen nach KTA 3211.3 Abschnitt 14	R2	R3 ²⁾	R3 ²⁾
KTA 3211	KTA 3211	KTA 3205.2		R2	R2		R3 ²⁾
Regeln der Technik außerhalb KTA	Anhang B	KTA 3205.2		R2	R2	R3 ²⁾	R3 ²⁾
¹⁾ Bei \leq DN 50 sind die Anforderungen für Kleinabmessungen mit den Sachverständigen abzustimmen. ²⁾ Einstufung von Balg, Ausblaserohr und Endscheibe in Anforderungsstufe R 2, wenn eine einfache Barriere vorhanden ist. ³⁾ Einstufung in Anforderungsstufe R 3, wenn ein Nachweis nach Abschnitt 4.3 (2) geführt werden kann.							

Tabelle 4-1: Anforderungen an Bauteile einer Rohrdurchführung in Abhängigkeit von der Einstufung unter Berücksichtigung von Bild 4-1

5.2 Räumliche Anordnung

(1) Rohrdurchführungen sind in der Weise anzuordnen, daß

a) die Durchführungen durch den Reaktorsicherheitsbehälter räumlich derart voneinander getrennt und so ausgeführt sind, daß eine Störung an einer Durchführung nicht die Beschädigung benachbarter Durchführungen zur Folge hat. Die räumliche Anordnung der Rohrdurchführungen muß auch den aus der Konzeption der Gesamtanlage resultierenden Forderungen nach räumlicher Trennung redundanter Systeme genügen,

b) die für Wartungsarbeiten und wiederkehrende Prüfungen erforderliche Zugänglichkeit sichergestellt ist.

(2) Zwischen Abschlußarmaturen und Reaktorsicherheitsbehälter sind kurze Rohrlängen anzustreben. In diesen Bereichen sind Rohrabzweigungen grundsätzlich nicht zugelassen. Ausnahmen (z.B. Entwässerungsstutzen, Prüfanschlüsse) müssen sicherheitstechnisch begründet werden.

(3) Mehrere mediumführende Rohre dürfen durch einen Reaktorsicherheitsbehälterstützen geführt werden (siehe **Bild 5-1.2**). Rohre mit DN größer als 25 müssen grundsätzlich der gleichen Redundanz zugeordnet werden und, falls sie Reaktorkühlmittel führen, absperrbar sein. Mehrere Rohre mit DN größer als 25 dürfen auch dann durchgeführt werden, wenn keine Redundanzanforderungen vorliegen.

5.3 Festlegung der Bauarten von Rohrdurchführungen

(1) Als Rohrdurchführungsbauarten kommen in Frage:

- Bauart I, starre Verbindung, nicht gekammert (siehe **Bilder 5-1.1** und **5-1.2**),
- Bauart II, starre Verbindung, gekammert (siehe **Bild 5-2**),
- Bauart III, beidseitig kompensierte Verbindung, gekammert, ohne Ausblaserohr (siehe **Bild 5-3**),

- Bauart IV, beidseitig kompensierte Verbindung, gekammert, mit Ausblaserohr (siehe **Bilder 5-4.1** und **5-4.2**),
- Sonderbauarten (starre Verbindung, nicht gekammert, mit Ausblaserohr).

(2) Die Bauart der Rohrdurchführung ist durch Verknüpfung der Verfahrensschritte nach **Bild 5-5** festzulegen.

a) Verfahrensschritt 1

Es ist zu prüfen, ob die für die Stutzen des Reaktorsicherheitsbehälters zugelassenen Kräfte und Momente aufgrund der gegenseitigen Beeinflussung von Rohrleitungen und Reaktorsicherheitsbehälter bei Betrieb oder Störfällen im Falle starrer Verbindung überschritten sind (Kriterium 1).

b) Verfahrensschritt 2

Es ist zu prüfen, ob bei einem nach Abschnitt 4.2 Absätze 1 und 2 zu unterstellenden Versagen des mediumführenden Rohres im Bereich III die Integrität des Sicherheitseinschlusses nicht nachgewiesen werden kann (Kriterium 2),

ba) weil aufgrund einer möglichen Folgewirkung aus dem zu unterstellenden Bruch auf der entgegengesetzten Seite des Bereiches III die Integrität des Sicherheitseinschlusses verletzt ist, oder

bb) weil die Gegenseite nicht absperrbar ist.

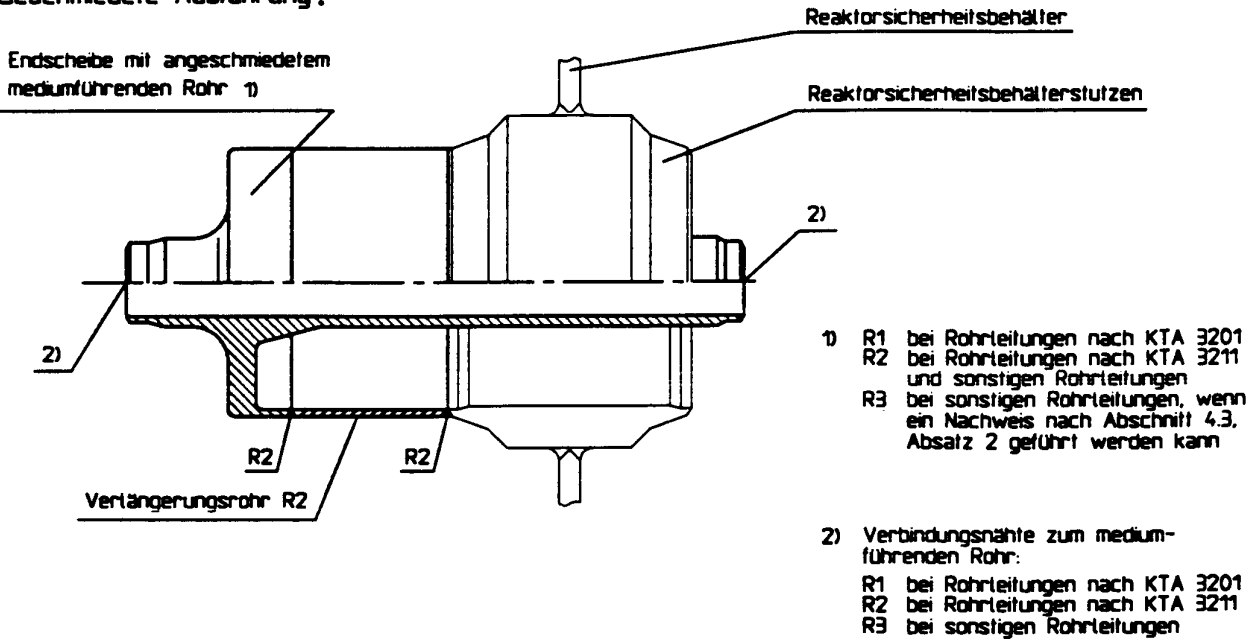
c) Verfahrensschritt 3

Es ist zu prüfen, ob bei einem Versagen (siehe Abschnitt 4.2) des mediumführenden Rohres im Bereich III ein Folgeversagen im Bereich I oder am Reaktorsicherheitsbehälter auftritt Kriterium 3.

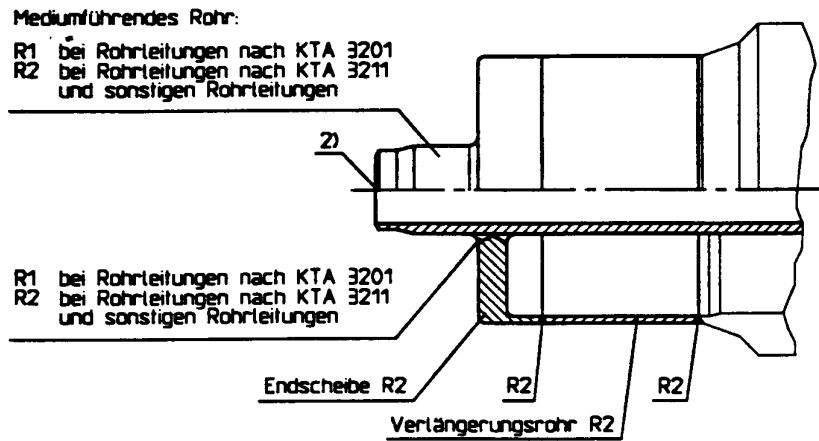
d) Verfahrensschritt 4

Es ist zu prüfen, ob die Rohrdurchführung im Bereich des Sumpfwasserstandes zur Reaktorsicherheitsbehälter-Atmosphäre hin offen, keine innenliegende Abschlußarmatur vorhanden und ein Versagen des mediumführenden Rohres nach KTA 3301 Abschnitt 5.2.2.2 in der Langzeitphase nach einem Störfall zu unterstellen ist (Kriterium 4).

Geschmiedete Ausführung:



Geschweißte Ausführung:



Geschraubte Ausführung:

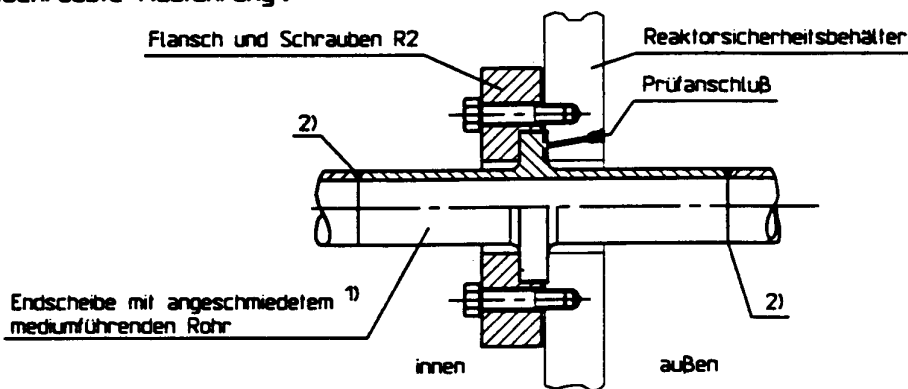
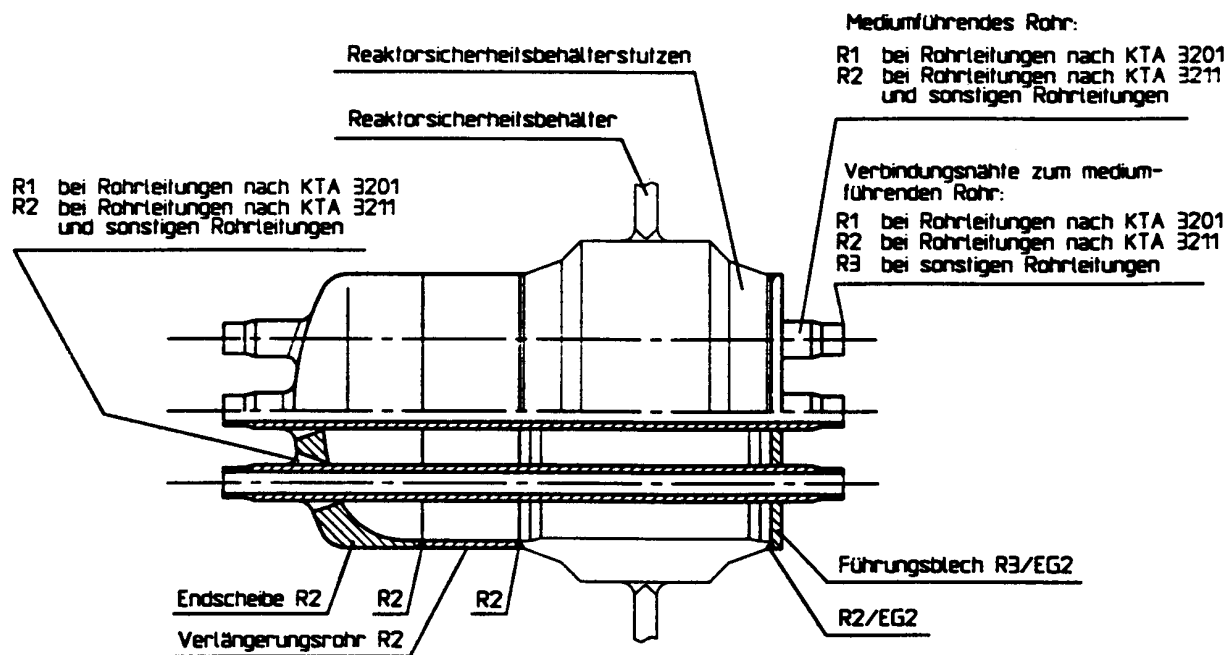


Bild 5-1.1: Beispiele für eine Rohrdurchführung der Bauart I mit einem mediumführenden Rohr und Kennzeichnung der Anforderungsstufen R 1, R 2 und R 3

Ausführung mit eingeschweißtem
mediumführendem Rohr:



Ausführung mit eingewalztem oder hydraulisch
aufgeweittem Rohr:

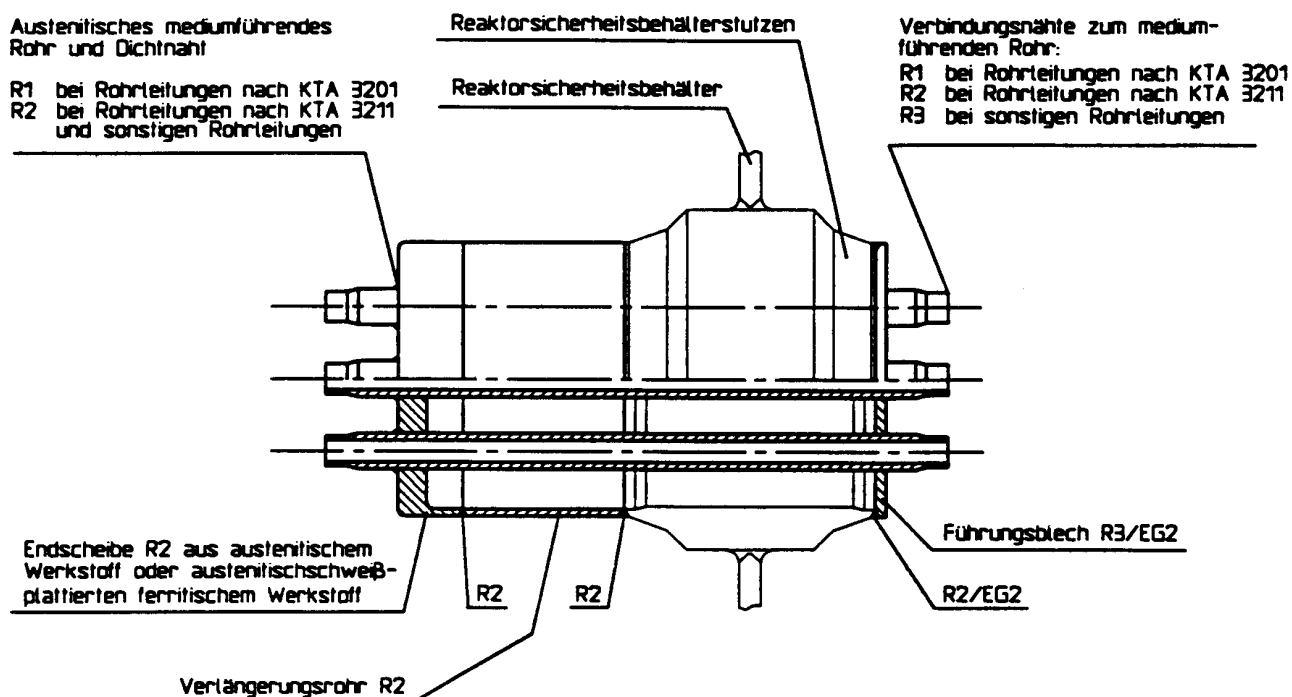
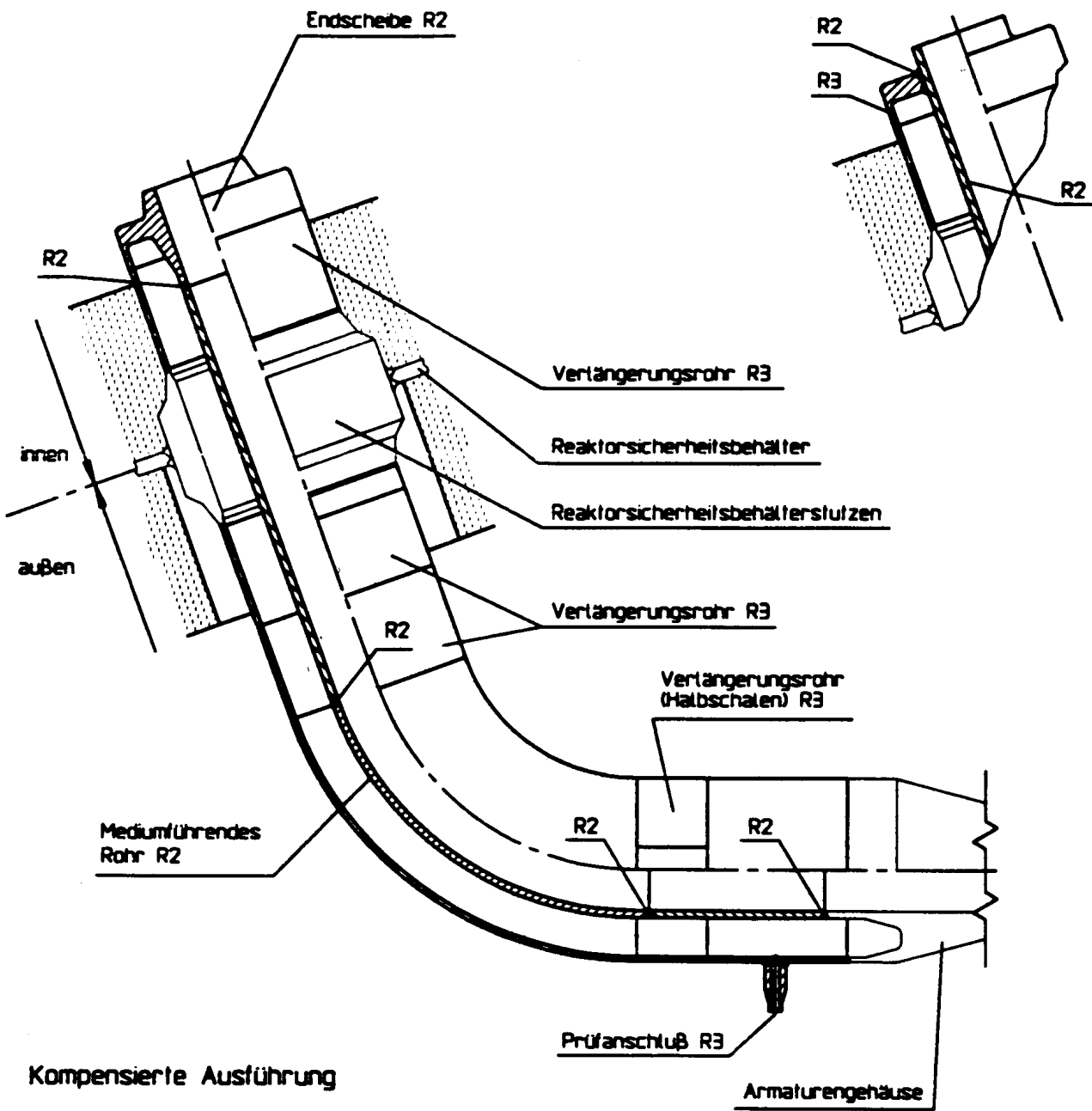


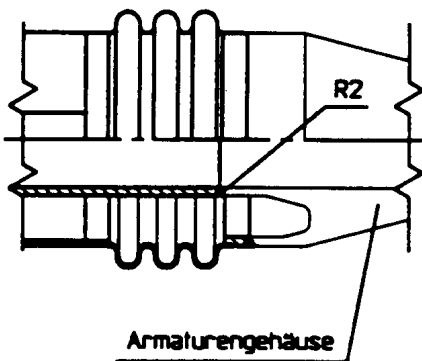
Bild 5-1.2: Beispiel für eine Rohrdurchführung der Bauart I mit mehreren mediumführenden Rohren und Kennzeichnung der Anforderungsstufen R 1, R 2 und R 3

Endscheibe angeschmiedet

Endscheibe angeschweißt



Kompensierte Ausführung



Soweit nicht anders angegeben :
Schweißnähte R3

Bild 5-2: Beispiel für eine Rohrdurchführung der Bauart II und Kennzeichnung der Anforderungsstufen R 2 und R 3

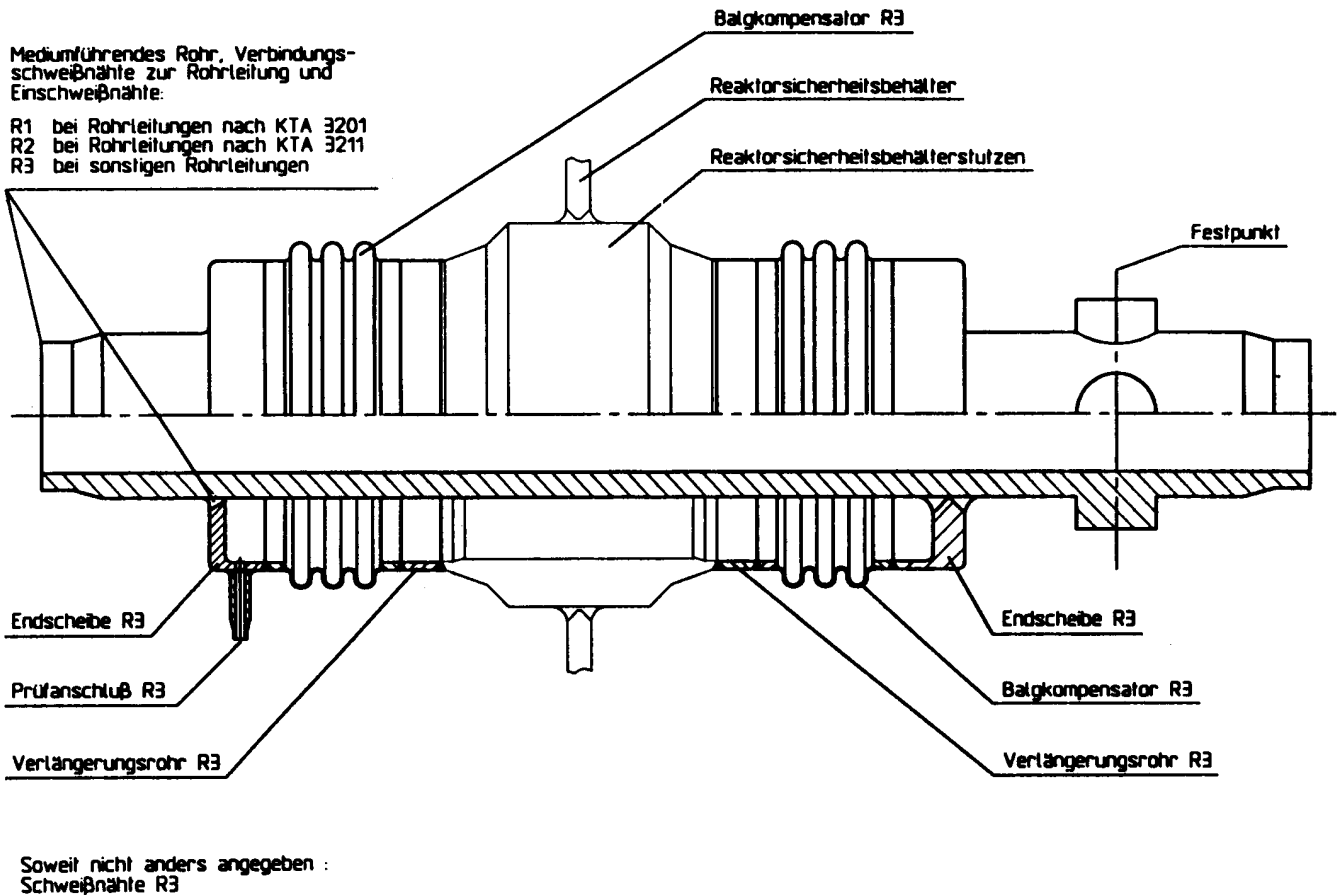


Bild 5-3: Beispiel für eine Rohrdurchführung der Bauart III und Kennzeichnung der Anforderungsstufen R 1, R 2 und R 3

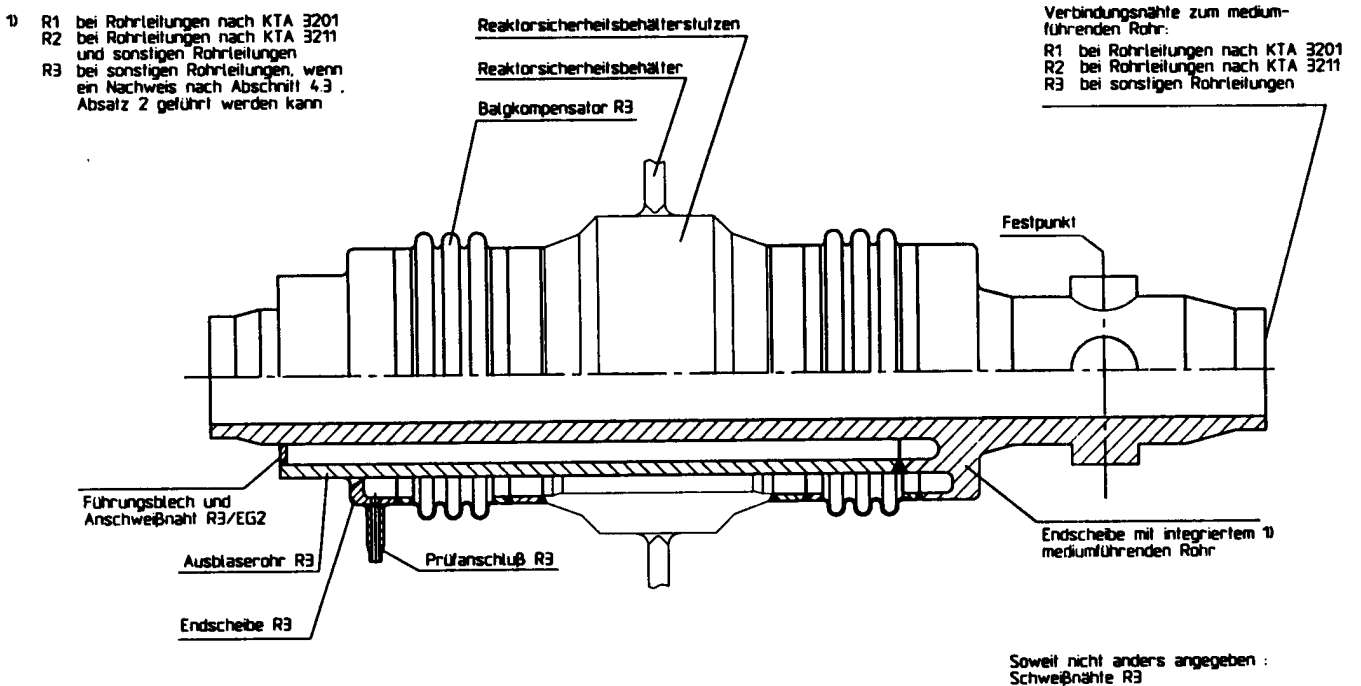


Bild 5-4.1: Beispiel für eine Rohrdurchführung der Bauart IV mit separatem Festpunkt und Kennzeichnung der Anforderungsstufen R 1, R 2 und R 3

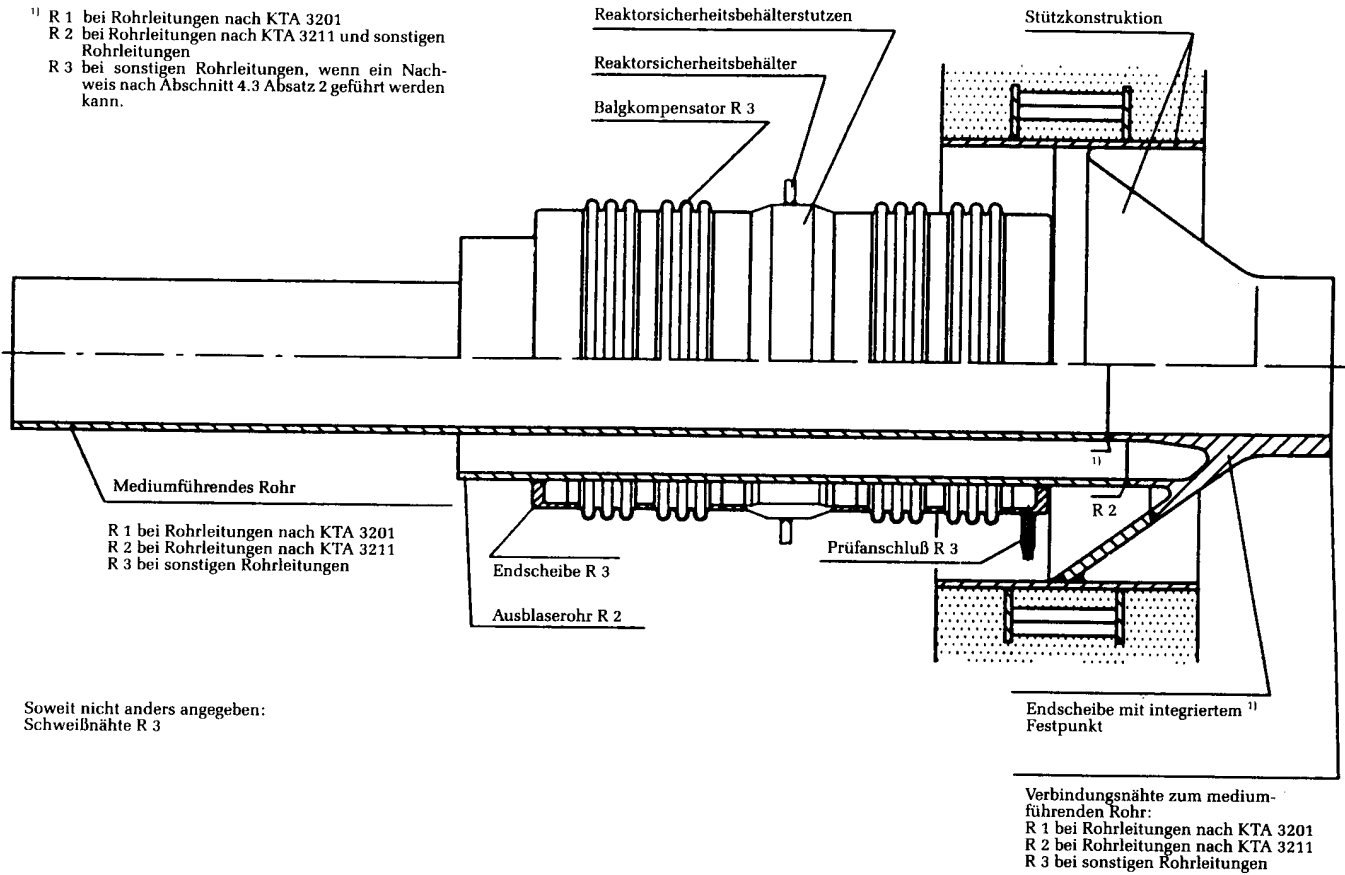


Bild 5-4.2: Beispiel für eine Rohrdurchführung der Bauart IV mit integriertem Festpunkt und Kennzeichnung der Anforderungsstufen R I, R 2 und R 3

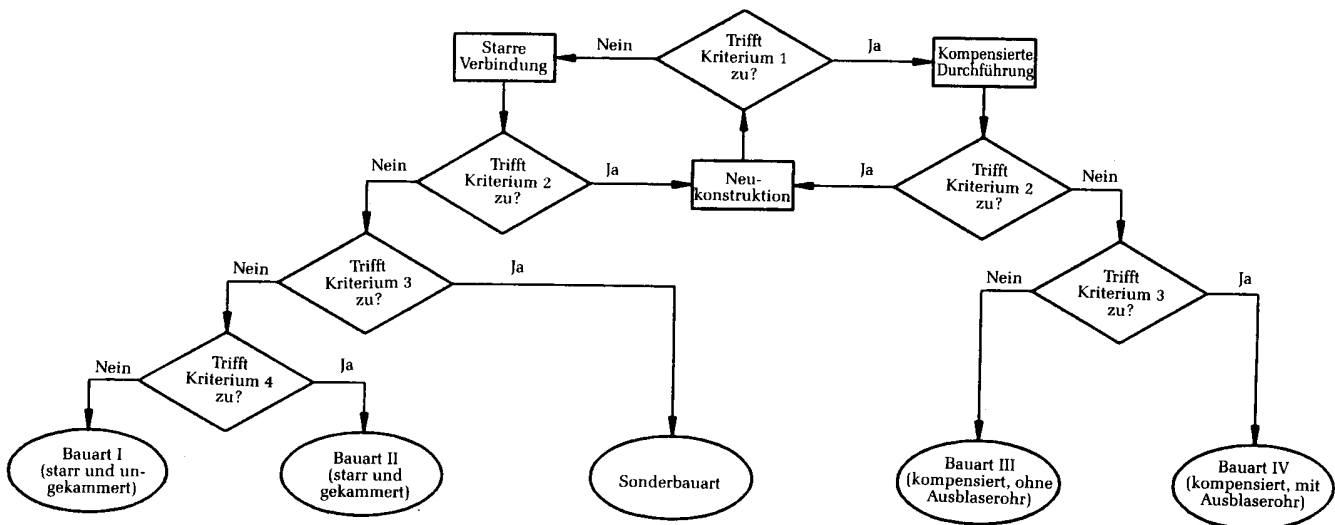


Bild 5-5: Bestimmung der Bauarten von Rohrdurchführungen

5.4 Prüfgerechte Gestaltung

(1) Im Rahmen der konstruktiven Gestaltung von Rohrdurchführungen ist sicherzustellen, daß druckführende und dynamisch belastete Schweißnähte erstmalig und wiederkehrend zerstörungsfreien Prüfungen unterzogen werden können. Eine Ausnahme bilden Balglängsnähte. Schweißverbindungen, die weder für wiederkehrende innere noch wiederkehrende zerstörungsfreie Prüfungen zugänglich sind, müssen auf Betriebsnennspannungen kleiner als oder gleich 50 N/mm^2 begrenzt werden.

(2) Gekammerte Rohrdurchführungen müssen wiederkehrenden Dichtheitsprüfungen unterzogen werden können.

5.5 Dekontaminierbarkeit

Die äußeren Oberflächen von Rohrdurchführungen müssen dekontaminierbar sein. Bei Bälgen sind Ausnahmen zugelassen.

5.6 Nichtintegrale Stützkonstruktionen

Für nichtintegrale Stützkonstruktionen sind KTA 3205.1 oder KTA 3205.2 anzuwenden.

5.7 Balgkompensatoren

Festlegungen für die Konstruktion von Balgkompensatoren sind Anhang A Abschnitt A 4 zu entnehmen.

6 Berechnung

6.1 Allgemeines

(1) Die Festlegungen dieses Abschnitts gelten für die im Abschnitt 4 definierten Bereiche I, II (Ausblaserohr) und III. Sie gelten nicht für den Reaktorsicherheitsbehälterstützen außerhalb des Bereiches I.

Hinweis:

Die in den Reaktorsicherheitsbehälter eingeschweißten Stützen werden nach KTA 3401.2 berechnet. Für die Auswahl der Rohrdurchführungsbauarten sind Angaben über zugelassene Kräfte und Momente für die Stützen auszuweisen.

(2) Entsprechend der Einstufung nach **Tabelle 4-1** ist für die Berechnung anzuwenden:

- KTA 3201.2 für Bauteile von Rohrdurchführungen der Anforderungsstufe R 1,
- KTA 3211.2 für Bauteile von Rohrdurchführungen der Anforderungsstufe R 2,
- KTA 3211.2, Prüfgruppe A2 für Bauteile von Rohrdurchführungen der Anforderungsstufe R 3.

(3) Abweichend von den in Absatz 2 genannten KTA-Regeln ist für die Abgrenzung des Bereichs I der Rohrdurchführung **Bild 6-1** anzuwenden. Diese Abgrenzung gilt nicht für die Einstufung von Bauteilen und Schweißnähten (siehe auch Abschnitt 4.3).

(4) Unabhängig von der Einstufung der Bauteile und Schweißnähte in die Anforderungsstufen R 1 bis R 3 sind für die Überlagerung von Belastungen und die Einstufung in Beanspruchungsstufen die Festlegungen nach **Tabelle 6-1** anzuwenden.

(5) Als einziger Lastfall für den Bereich II ist Bruch oder Leck des entsprechenden mediumführenden Rohres zu betrachten.

(6) Festlegungen für die Berechnung von Balgkompensatoren sind Anhang A Abschnitt A 5 zu entnehmen.

6.2 Lastfall eingeschlossenes Medium

(1) Wenn bei Rohrdurchführungen die Arbeitstemperatur kleiner ist als die im Anforderungsfall des Reaktorsicherheitsbehälters auftretende Temperatur, ist für den Bereich zwischen den Abschlußarmaturen außerhalb der Abklinglängen nach **Bild 6-1** zusätzlich nachzuweisen, daß der Druck begrenzt wird, z.B. durch belastungsbedingtes Undichtwerden des Dichtsitzes bei Armaturen oder durch ein Ansprechen der Gehäusebruchsicherung (Sicherheitsventil) bei Absperrschiebern. Für die Berechnung sind folgende Belastungen zu überlagern:

- Belastungen aus dem mediumführenden Rohr:
 - Arbeitsdruck
 - Eigengewicht
 - Druckaufbau infolge Erwärmung des eingeschlossenen Mediums.
- Belastungen durch den Reaktorsicherheitsbehälter:
 - möglicher Überdruck (Arbeitsdruck),
 - örtlicher Druckaufbau.
- Belastungen aus Relativverschiebungen zwischen mediumführendem Rohr und Reaktorsicherheitsbehälter unter Berücksichtigung behinderter Wärmedehnung.

(2) Bezugstemperatur für die Bestimmung der zulässigen Spannungen ist die beim Kühlmittelverluststörfall auftretende Temperatur des mediumführenden Rohres.

(3) In **Bild 6-2** ist die Zuordnung der Beanspruchungsstufen für die Absicherung der Primärspannungen festgelegt.

6.3 Berechnung der nichtintegralen Stützkonstruktionen

Die Berechnung von nichtintegralen Stützkonstruktionen ist durchzuführen für:

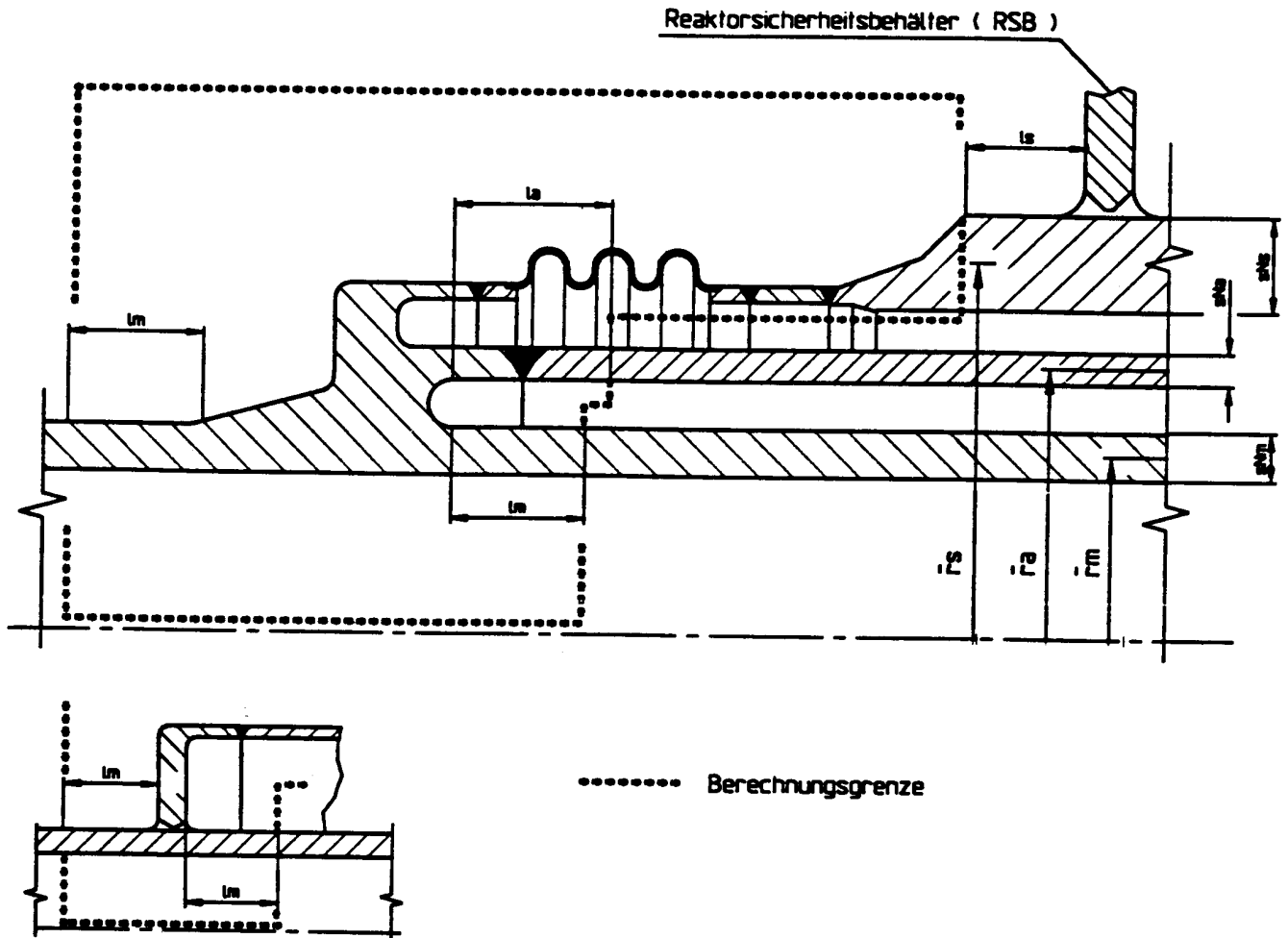
- Stabtragwerke nach
 - KTA 3205.1 bei Rohrdurchführungen für Rohrleitungen im Anwendungsbereich von KTA 3201,
 - KTA 3205.2 bei Rohrdurchführungen für Rohrleitungen im Anwendungsbereich von KTA 3211 und Regeln der Technik außerhalb KTA.
- Flächentragwerke nach KTA 3211.2 Prüfgruppe A2.

7 Vorprüfung und Herstellung

Die für die Vorprüfung, Fertigung, Bau- und Abnahmeprüfung der Bauteile von Rohrdurchführungen erforderlichen Anforderungen sind der **Tabelle 7-1** zu entnehmen.

Bauteile von Rohrdurchführungen	Anforderungsstufe		
	R 1	R 2	R 3
EG 1 (ohne Balgkompensatoren)	KTA 3201.3	KTA 3211.3	Anhang B
EG 2	Anhang B	Anhang B	Anhang B
Integrale Stützkonstruktionen	KTA 3201.3	KTA 3211.3	Anhang B
Nichtintegrale Stützkonstruktionen			
Stabtragwerke	KTA 3205.1	KTA 3205.2	KTA 3205.2
Flächentragwerke	Anhang B	Anhang B	Anhang B
Balgkompensatoren	1)	Anhang A	Anhang A
1) Einstufung in Anforderungsstufe R 1 nicht vorgesehen (siehe Tabelle 4-1).			

Tabelle 7-1: Anforderungen an die Vorprüfung und Herstellung der Bauteile von Rohrdurchführungen



Ermittlung der Abklinglängen

$$l_m = 0,5\sqrt{r_a \cdot s_{Nm}}$$

$$l_s = 0,5\sqrt{r_a \cdot s_{Ns}}$$

$$l_a = 0,5\sqrt{r_a \cdot s_{Na}}$$

Benennung:

s_N : Nennwanddicke (abzügl. Zuschläge)

s_{Nm} : Nennwanddicke mediumführendes Rohr

s_{Ns} : Nennwanddicke RSB-Stutzen

s_{Na} : Nennwanddicke Ausblaserrohr

l_m : Abklinglänge mediumführendes Rohr

l_s : Abklinglänge RSB-Stutzen

l_a : Abklinglänge Ausblaserrohr

\bar{r}_m : Mittlerer Radius mediumführendes Rohr

\bar{r}_s : Mittlerer Radius RSB-Stutzen

\bar{r}_a : Mittlerer Radius Ausblaserrohr

Bild 6-1: Abgrenzung des Bereiches I der Rohrdurchführung im Sinne der Berechnung nach Abschnitt 4.1

Konstruktive Vorgabe	Bereiche nach Bild 4-1		
	Bereich III (mediumführendes Rohr)	Bereich I (Bereich nach Bild 7-1)	Bereich III (mediumführendes Rohr)
Wanddickenstufung			
Wanddickenstufung mit konischem Übergang			
Konischer Übergang			
Zugeordnete Beanspruchungsstufe	<p>D für die Anforderungsstufen R 1 und R 2 bei allen Werkstoffen</p> <p>D für die Anforderungsstufe R 3 aus austenitischen Werkstoffen und Werkstoff 15 Mn Ni 63</p> <p>C für die Anforderungsstufe R 3 bei allen übrigen Werkstoffen</p> <p>Nachweise für die Beanspruchungsstufe C oder D sind nur für den unverstärkten Bereich durchzuführen</p>	<p>B für die Anforderungsstufen R 1, R 2 und R 3 in Verbindung mit Tabelle 6-1</p>	<p>D für die Anforderungsstufen R 1 und R 2 bei allen Werkstoffen</p> <p>D für die Anforderungsstufe R 3 bei austenitischen Werkstoffen und Werkstoff 15 Mn Ni 63</p> <p>C für die Anforderungsstufe R 3 bei allen übrigen Werkstoffen</p>
<p>¹⁾ Bei Einstufung des mediumführenden Rohres in Anforderungsstufe R 3 erforderlich.</p>			

Bild 6-2: Konstruktive Vorgaben und Festlegungen der Beanspruchungsstufen von Rohrdurchführungen zur Beherrschung des Lastfalls "eingeschlossenes Medium" bei Verwendung der Beanspruchungsstufen C oder D im mediumführenden Rohr

(2) Bei der Festlegung der Prüfumfänge und Prüfanforderungen für die Verfahrens- und Arbeitsprüfungen ist die niedrigste Beanspruchungstemperatur bei der Druckprüfung des Reaktorsicherheitsbehälters zu berücksichtigen. Es genügt als niedrigste Beanspruchungstemperatur die der Rohrleitung, wenn bei der Druckprüfung des Reaktorsicherheitsbehälters die primären Membranspannungen im betroffenen Bauteil nur 20% der Streckgrenze des Werkstoffes ausmachen. Andernfalls gilt die niedrigste Temperatur des Reaktorsicherheitsbehälters.

8 Transport und Lagerung

8.1 Transport

(1) Balgkompensatoren sind beim Hersteller so zu verpacken, daß Verunreinigungen auszuschließen sind. Für den Transport müssen die Kompensatoren gegen Schläge, Stöße und Verformungen gesichert sein.

(2) Bei Bauteilen mit Korrosionsschutzanstrich ist darauf zu achten, daß keine Beschädigungen des Anstrichs auftreten können.

(3) Austenitische Bauteile von Rohrdurchführungen sind so zu transportieren, daß eine Verunreinigung durch Ferrite und eine Beschädigung der Passivschicht der Oberfläche vermieden wird.

8.2 Lagerung

Bauteile von Rohrdurchführungen sind so zu lagern, daß sich der für den Verwendungszweck hergestellte Oberflächenzustand nicht verändert. Bei Lieferungen ist im Rahmen der Eingangskontrolle der vorgeschriebene Zustand zu kontrollieren.

9 Montage

9.1 Allgemeines

(1) Bei Balgkompensatoren sind Druckbeaufschlagung und Bewegungsrichtung sowie Vorspannung zu beachten und der für die Bauphase erforderliche Schutz vor Beschädigung vorzusehen.

(2) Dämmungen von mediumführenden Rohren dürfen die freie Beweglichkeit des Balgs nicht beeinträchtigen.

(3) Fertigung und Prüfung von Montagenähten sind nach den in Abschnitt 7 aufgeführten Anforderungen auszuführen.

9.2 Prüfungen nach der Montage

9.2.1 Bauausführung

Die Überprüfung der Bauausführung hat durch den Sachverständigen zu erfolgen und umfaßt die

- Prüfung auf sachgemäßen Einbau der Rohrdurchführungen anhand der Vorprüfunterlagen,
- Kontrolle der Balgoberflächen,
- Kontrolle des Korrosionsschutzanstrichs,
- Kontrolle der Sauberkeit.

9.2.2 Druck und Dichtheitsprüfungen

(1) Die Bauteile der Rohrdurchführungen sind im Rahmen der Druck- und Dichtheitsprüfung des Reaktorsicherheitsbehälters nach KTA 3401.3 zu prüfen.

(2) Bei gekammerten Rohrdurchführungen ist die Kammerung vor der Druckprüfung des Reaktorsicherheitsbehälters

- einer Gasdruckprüfung mit dem 1,1-fachen des zulässigen Betriebsüberdrucks des Balgkompensators,
- einer Dichtheitsprüfung zu unterziehen.

(3) Zugelassen ist eine Leckrate von bis zu $10^{-3} \text{ hPa} \times \text{l} \times \text{s}^{-1}$. Als Prüfverfahren dürfen z.B. Tests mit schaubildendem Mittel, Unterdruck-Zeitprüfung, Überdruck-Zeitprüfung, Stickstoff oder Heliumlecktest angewendet werden.

(4) Sind Schweißnähte des mediumführenden Rohres im Durchführungsabschnitt bei der erstmaligen Systemdruckprüfung unzugänglich, so ist eine separate Teildruckprüfung, die eine Besichtigung der verdeckten Schweißnähte ermöglicht, durchzuführen.

10 Dokumentation

Die für die Dokumentation erforderlichen Angaben sind zu entnehmen:

- KTA 3201.3 für Bauteile der Rohrdurchführungen der Anforderungsstufe R 1,
- KTA 3211.3 für Bauteile der Rohrdurchführungen der Anforderungsstufe R 2,
- Anhang B für Bauteile der Rohrdurchführungen der Anforderungsstufe R 3.

11 Wiederkehrende Prüfungen

Wiederkehrende Prüfungen sind nach KTA 3401.4 durchzuführen.

Anhang A

Balgkompensatoren

Inhalt

<ul style="list-style-type: none"> A 1 Anwendungsbereich A 2 Werkstoffe <ul style="list-style-type: none"> A 2.1 Bälge A 2.2 Anschluß-, Bau- und Kleinteile A 2.3 Schweißzusätze A 3 Auslegung A 4 Konstruktion <ul style="list-style-type: none"> A 4.1 Bälge A 4.2 Anschlußteile A 4.3 Balgkompensatoren A 5 Berechnung <ul style="list-style-type: none"> A 5.1 Allgemeines A 5.2 Festigkeitsnachweis von einlagigen Bälgen A 5.3 Festigkeitsnachweis von mehrlagigen Bälgen A 5.4 Festigkeitsnachweis von Anschluß-, Bau- und Kleinteilen 	<ul style="list-style-type: none"> A 6 Vorprüfung A 7 Fertigung <ul style="list-style-type: none"> A 7.1 Anforderungen an den Hersteller A 7.2 Schweißungen A 7.3 Verfahrensprüfungen A 7.4 Arbeitsprüfungen A 7.5 Umformen A 7.6 Kennzeichnung und deren Erhaltung A 7.7 Reinigung und Oberflächenschutz A 8 Prüfungen <ul style="list-style-type: none"> A 8.1 Allgemeines A 8.2 Durchstrahlungsprüfung A 8.3 Oberflächenrißprüfung A 8.4 Besichtigung und Maßprüfung A 8.5 Werkstoffprüfung A 8.6 Druckprüfung A 8.7 Dichtheitsprüfung
---	--

A 1 Anwendungsbereich

Dieser Anhang ist anzuwenden auf Balgkompensatoren von Rohrdurchführungen durch den Reaktorsicherheitsbehälter.

A 2 Werkstoffe

A 2.1 Bälge

A 2.1.1 Werkstoffauswahl

Es sind austenitische Stähle im lösungsgeglühten Zustand der Werkstoffnummern 1.4541, 1.4550 (nicht für Bänder) und 1.4571 zu verwenden. Andere Werkstoffe bedürfen der Zustimmung des Sachverständigen.

A 2.1.2 Werkstoffanforderungen

Es gelten die Werte aus DIN 17 441.

A 2.1.3 Werkstoffprüfungen und Nachweise

Für Werkstoffprüfungen und Nachweise ist das AD-Merkblatt W2 anzuwenden.

A 2.1.4 Anforderungen an Hersteller

Für die Anforderungen an Hersteller gilt das AD-Merkblatt W0, Abschnitt 2.

A 2.2 Anschluß-, Bau- und Kleinteile

Für die Werkstoffauswahl und die Abnahme der Erzeugnisformen gelten die Anforderungen:

- a) von KTA 3211.1 für die Anforderungsstufe R 2,
- b) von Anhang B für die Anforderungsstufe R 3.

A 2.3 Schweißzusätze

Für die Fertigung von Balgkompensatoren sind

- a) nach KTA 1408.1 eignungsgeprüfte und nach KTA 1408.2 hergestellte Schweißzusätze und -hilfsstoffe für die Anforderungsstufe R 2 und
- b) nach VdTÜV-Merkblatt Schweißtechnik 1153 eignungsgeprüfte Schweißzusätze und -hilfsstoffe für die Anforderungsstufe R 3 zu verwenden.

A 3 Auslegung

(1) Bei der Spannungs- und Ermüdungsanalyse von Bälgen sind folgende Belastungen zu berücksichtigen:

- a) Auslegungsdruck des Reaktorsicherheitsbehälters,
- b) Auslegungstemperatur des Reaktorsicherheitsbehälters,
- c) die zwischen dem Stutzen des Reaktorsicherheitsbehälters und dem mediumführenden Rohr oder Doppellohr entstehenden Relativbewegungen.

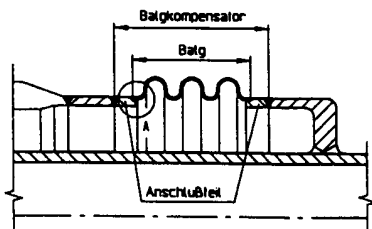
(2) Der bei gekammerten Rohrdurchführungen in der Kammer mögliche Druck und die Temperatur (z.B. bei Leckage des mediumführenden Rohres) sind zu berücksichtigen.

(3) Für die Einstufung der Balgkompensatoren gilt **Tabelle 4-1**.

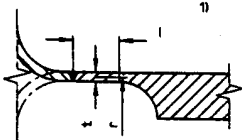
A 4 Konstruktion

A 4.1 Bälge

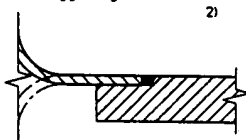
- (1) Ein- und mehrlagige Bälge (nicht mehr als 5 Lagen) dürfen eingesetzt werden.
- (2) Viellagige Bälge (mehr als 5 Lagen) sind wegen der mit der Lagenzahl zunehmenden Auslegungsunsicherheiten und Beschädigungsgefahr grundsätzlich nicht zugelassen. Ausnahmen bedürfen der Zustimmung des Sachverständigen.
- (3) Für kaltgerollte oder mehrlagige Bälge ist für das Ermüdungsverhalten ein Nachweis im Einzelfall zu führen (siehe Abschnitt A 5.3). Der Nachweis darf entfallen, wenn der kaltgerollte Balg einer anschließenden Wärmebehandlung (Lösungsglühen) unterzogen wird.
- (4) Bei Kehlnähten und einglassenen Stumpfnähten sind Wechsellastplastifizierungen im Kerbgrund zu vermeiden. Dies kann z.B. durch einen Stützring erreicht werden.
- (5) Bei mehrlagigen Bälgen ist durch Anordnung von Dicht- und Stützlagern sicherzustellen, daß sich infolge einer Undichtheit kein Druck zwischen den einzelnen Lagen aufbauen kann.
- (6) Eine Berührung der Balgflanken ist grundsätzlich nicht zugelassen. Ausnahmen sind im Einzelfall nachzuweisen.



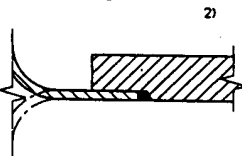
Einzeiteil A
Ausführungsform 1 für einlagige Bälge



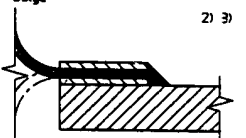
Einzeiteil A
Ausführungsform 2 für ein- und mehrlagige Bälge



Einzeiteil A
Ausführungsform 3 für ein- und mehrlagige Bälge



Einzeiteil A
Ausführungsform 4 für mehrlagige Bälge



¹⁾ Für die Begrenzung der Traglänge gilt: $l \leq 0,5 \sqrt{r \cdot t}$

²⁾ Balg und Stützringe sind so aufzuziehen, daß eine feste Anlage auf dem Anschlußteil sichergestellt ist.

³⁾ Nur bei Einstufung in Anforderungsstufe R 3 und Anschlußteilen und Stützringen aus austenitischem Werkstoff zugelassen.

Bild A 4-1: Prinzipielle Ausführungsformen für Balganschlüsse

- (7) Zuschläge zur rechnerischen Wanddicke sind nicht zugelassen.
- (8) Es ist sicherzustellen, daß Bälge bei Transport und Montage nicht beschädigt werden.

A 4.2 Anschlußteile

A 4.2.1 Ausführungsformen

Die in **Bild A 4-1** dargestellten Ausführungsformen sind für den Anschluß des Balgs zum Anschlußteil des Balgkompensators zugelassen.

A 4.2.2 Toleranzen

- (1) Es sind folgende Toleranzen einzuhalten:
 - a) nach DIN 2462 Teil 1 für nahtlose Rohre aus austenitischen Werkstoffen,
 - b) nach DIN 2463 Teil 1 für längsnahtgeschweißte Rohre aus austenitischen Werkstoffen,
 - c) nach DIN 17 175 oder DIN 1630 für nahtlose Rohre aus ferritischen Werkstoffen,
 - d) nach DIN 1626 für längsnahtgeschweißte Rohre aus ferritischen Werkstoffen,
 - e) nach DIN 7168 Teil 1 und Teil 2, Freimaßtoleranz "mittel" als Mindestanforderung für Längen- und Winkelmaße an mechanisch bearbeiteten Bauteilen.
- (2) Für den Kantenversatz gelten die Festlegungen von KTA 3211.3.

A 4.3 Balgkompensatoren

A 4.3.1 Balganschluß

Bälge sind nach **Bild A 4-1** mit den Anschlußteilen zu verbinden. Die Toleranzen der Zusammenbaumaße sind so eng wie möglich zu halten. Die konstruktiven Randbedingungen sind so zu gestalten, daß die Schweißverbindungen zerstörungsfrei prüfbar sind. Mischverbindungen sind für die Ausführungsformen 1, 2 und 3 (siehe **Bild A 4-1**) nicht zugelassen.

A 4.3.2 Korrosionsschutz

Korrosivem Angriff ist durch die Wahl geeigneter Werkstoffe entgegenzuwirken. Ein Korrosionszuschlag zur Wanddicke ist nicht zugelassen. Bei Kehlnähten und einglassenen Stumpfnähten ist die Möglichkeit entstehender Spaltkorrosion zu beachten.

A 4.3.3 Anschweißungen

Für Anschweißnähte, die der Verbindung von Anschlußteilen mit Bauteilen zur Führung von Balgkompensatoren dienen, sind auch Kehlnähte zugelassen. Diese sind mit einem a-Maß von 3 mm bis zu einem a-Maß von $0,7 \times$ kleinster Wanddicke auszuführen (siehe **Bild A 4-2**).

A 4.3.4 Kantenversatz

Der zugelassene Kantenversatz e (siehe **Bild A 4-3**) für die Balglängsnaht sowie Balganschlußnaht **Bild A 4-1**, Ausführungsform 1) darf höchstens $0,1 \times$ Balgwanddicke sein.

A 5 Berechnung

A 5.1 Allgemeines

(1) Bälge werden durch Innen- und Außendruck sowie Zwangsverformung (Axialverschiebung und Biegung) beansprucht und unterliegen im Betrieb einer Wechselbeanspruchung. Wesentliche Torsionsbeanspruchung ist grundsätzlich nicht zugelassen. Gegebenenfalls sind Abhilfemaßnahmen (z.B. durch Rohrleitungsfestpunkte) zu treffen oder Nachweise im Einzelfall zu führen.

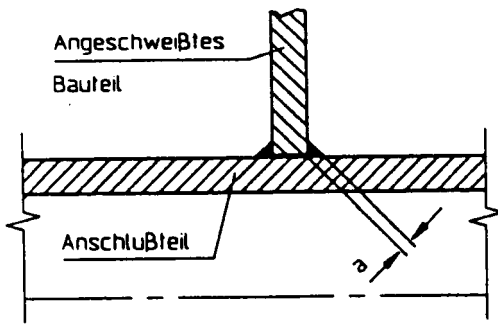


Bild A 4-2: Anschweißung

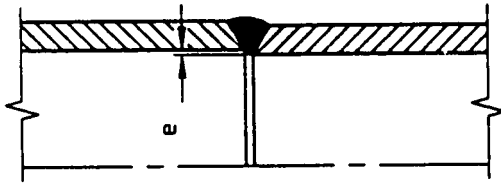


Bild A 4-3: Kantenversatz

(2) Die für die Berechnung der einzelnen Wellen des Balges notwendigen Verformungen als Eingangsgrößen für den Festigkeitsnachweis sind mit geeigneten Verfahren zu ermitteln. Im elastischen Bereich darf bei der Umrechnung von lateralem Versatz in Biegewinkel dieser analog zum Biegebalkenmodell nach Gleichung A 1 bestimmt werden. Hierin bedeuten (siehe Bild A 5-1):

W Laterale Verschiebung

B Balgbaulänge

L Balgmittenabstand

x vorgegebene axiale Stauchung

n Anzahl der Wellen je Balg

α maximal auftretender Biegewinkel der ersten Balgwelle bei Lateralbewegung in Grad. Dieser ist in Gleichung 5 des AD-Merkblattes B 13 einzusetzen.

$$\alpha = \frac{180 \cdot W \cdot \left| 1 + \frac{B}{L} \right|}{\pi \cdot \left(L - \frac{x}{2} \right) \cdot \left[1 + \frac{1}{3} \left(\frac{B}{L} \right)^2 \right] \cdot n} \quad (\text{A } 1)$$

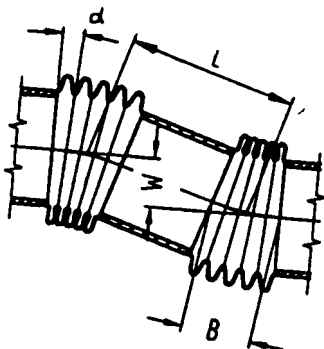


Bild A 5-1: Biegebalkenmodell

A 5.2 Festigkeitsnachweis von einlagigen Bälgen

Der Festigkeitsnachweis für inneren und äußeren Überdruck von einlagigen Bälgen hat nach AD-Merkblatt B 13 zu erfolgen. Abweichend hiervon gelten folgende Festlegungen:

a) Sicherheitsbeiwerte für die

aa) Auslegung: $S_{vp} = S_{um} = 1,5$

ab) Druckprüfung: $S_{vp} = S_{um} = 1,1$

b) Für jeden Balgkompensator ist der Nachweis ausreichender Bemessung gegen Beulen und Knicken zu erbringen (z.B. anhand durchzuführender oder bereits durchgeführter Versuche an vergleichbaren Balgkompensatoren),

c) Bei Berechnungen veränderliche Beanspruchung beträgt die Lastspielsicherheit gegen Leckage $S_L = 5$.

A 5.3 Festigkeitsnachweis von mehrlagigen Bälgen

(1) Für mehrlagige Bälge darf Abschnitt A 5.2 analog verwendet werden, wobei das unterschiedliche Widerstandsmoment und die gegenseitige Verformungsbehinderung zu berücksichtigen sind. Erforderlichenfalls sind die Stützwerte mit Hilfe geeigneter numerischer Verfahren zu ermitteln.

(2) Zur Berücksichtigung von Verformungsbehinderung und Reibung zwischen den einzelnen Lagen ist eine Lastspielsicherheit $S_L = 20$ zu wählen.

(3) Beim Nachweis im Einzelfall genügt eine Lastspielsicherheit $S_L = 5$ bezogen auf die der Lastspielzahl 1, die bei 95% der Versuche erreicht wird. Dabei sind mindestens 20 Einzelversuche an repräsentativen Balgkompensatoren erforderlich. Insbesondere zu berücksichtigen sind:

- Bersten,
- nicht zugelassene Verformung,
- Instabilität,
- Ermüdung.

(4) Bei den restlichen 5% darf $S_L = 2$ nicht unterschritten werden.

5.4 Festigkeitsnachweis von Anschluß-, Bau- und Kleinteilen

Für die Berechnung gelten die Anforderungen nach KTA 3211.2.

A 6 Vorprüfung

Zur Vorprüfung des Balges sind dem Sachverständigen folgende Unterlagen einzureichen:

- Deckblatt,
- Auslegungsblatt für Balgkompensatoren,
- Konstruktionszeichnung,
- Prüffolgeplan (soweit nicht ein bereits vom Sachverständigen geprüfter standardisierter Prüffolgeplan verwendet wird),
- Schweißplan (Bei vollmechanisierten Schweißverfahren nach DIN 1910 Teil 1 ohne Schweißzusatz ist anstelle eines Schweißplans das anzuwendende Verfahren in der Zeichnung anzugeben. Sofern Schweißzusätze verwendet werden, ist ein Schweißplan zu erstellen),
- Berechnung.

(2) Für alle übrigen Teile des Balgkompensators sind die Anforderungen aus KTA 3211.3 einzuhalten.

A 7 Fertigung

A 7.1 Anforderungen an den Hersteller

Der Hersteller von Balgkompensatoren (einschließlich der Balghersteller) muß nach AD-Merkblatt HPO zugelassen sein. Die Fertigung hat nach vorgeprüften Unterlagen zu erfolgen.

A 7.2 Schweißungen

(1) Für die schweißtechnische Gestaltung, Schweißnahtausführung sowie die Wahl der Schweißverfahren und -sätze für Anschluß-, Bau und Kleinteile gilt KTA 3211.3.

(2) Für Bälge gilt:

- a) Die Oberfläche der Schweißnähte von Bälgen ist im allgemeinen unbearbeitet. Die Oberflächenbeschaffenheit muß die Durchführung der zerstörungsfreien Prüfung gestatten.
- b) Bei Balglängsnähten darf die Schweißnahtdicke die Istwanddicke des Bleches nicht unterschreiten.
- c) Für alle weiteren Nähte sind vereinzelt, örtliche Unterschreitungen der Nahtdicke zugelassen, wenn die rechnerischen Nahtdicken nicht unterschritten werden und die Prüfbarkeit nicht beeinträchtigt wird.

A 7.3 Verfahrensprüfungen

(1) Für die zu verschweißenden Werkstoffe und Werkstoffkombinationen sowie die angewandten Schweißverfahren sind dem Sachverständigen vor Beginn der Fertigung gültige Verfahrensprüfungen nach KTA 3211.3 nachzuweisen.

(2) In Abweichung von KTA 3211.3 sind an Längsnähten am nahtverformten Balgzylinder sowie für Balgrund- und Klammernähte folgende Prüfungen durchzuführen und dem Sachverständigen nachzuweisen:

- a) Längsnaht am nichtverformten Balgzylinder
 - aa) Farbeindringprüfung nach AD-Merkblatt HP 5/3 ab einer Wanddicke von 1 mm,
 - ab) 2 Zugversuche an Flachzugproben aus der Schweißverbindung nach DIN 50 120 bei Raumtemperatur, jedoch mit einer Versuchslänge L_c = Schweißnahtbreite plus 2×40 mm. Zu bestimmen sind Zugfestigkeit R_m , und Bruchlage,
 - ac) Je 2 Biegeversuche nach DIN 50 121 mit je Wurzel- und Decklage auf der Zugseite bei einer Wanddicke von 5 mm und mehr. Zu bestimmen sind Biegedehnung und Biegewinkel. Auf der Zugseite soll nach Abarbeiten der Schweißnahtüberhöhung die ursprüngliche Oberfläche der Probe erhalten bleiben. Bei dünnen Blechen darf das Abarbeiten entfallen. Für Biegeproben gelten folgende Anforderungen: Der Dorn Durchmesser beträgt $2 \times$ Probendicke. Der Biegewinkel 180 gilt als erfüllt, wenn die Biegeprobe nach DIN 50 121 durchgeführt und ohne Anriß durch die Auflager gedrückt wurde. Wird ein Biegewinkel unter 180 bis 90 erreicht, muß die Biegedehnung (L_o = Schweißnahtbreite + Wanddicke, symmetrisch zur Naht) der Bruchdehnung A_5 , des Grundwerkstoffs bei kurzem Proportionalstab entsprechen. Wird ein Biegewinkel unter 90 erreicht, muß die Biegedehnung über die Schweißnahtbreite mehr als 30% erreichen sowie ein fehlerfreies Bruchaussehen zeigen. Bei nicht artgleich geschweißten Stählen (z.B. X 8 Ni 9) können abweichende Werte mit dem Sachverständigen vereinbart werden,
 - ad) 1 Zugversuch an einer Flachzugprobe nach DIN 50 125 längs zur Schweißnaht (Schweißnaht in Probenmitte) bei Raumtemperatur. Zu bestimmen sind: Proportionalitätsgrenze R_p , Zugfestigkeit R_m , und Bruchdehnung bei kurzem Proportionalstab A_5 ,
 - ae) 3 Tiefungsversuche nach DIN 50 101 Teil 1 oder Teil 2 mit Schweißnaht in Probenmitte (bei einer Wanddicke unter 3 mm) zwecks Ermittlung der Verformungsfähigkeit der Schweißverbindung. Der ermittelte Wert der Tiefung soll im Bereich des Grundwerkstoffs liegen,
 - af) je Prüfstück ist ein Mikroschliff aus der Schweißnaht an einem Tiefungsversuch zu entnehmen. Die foto-

grafischen Aufnahmen sind im allgemeinen in 200-facher Vergrößerung herzustellen (falls notwendig, auch andere Vergrößerungen),

- ag) Bei austenitischen Schweißverbindungen sind Grundwerkstoff, Wärmeeinflußzone und Schweißgut auf Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion nach DIN 50 914 zu prüfen,
- ah) Chemische Zusammensetzung des reinen Schweißguts bei Verwendung von Schweißzusätzen.
- b) Klammernaht und Rundnaht zwischen Balg und Anschweißende. Die Verfahrensprüfung für die Klammernaht ist dem Fertigungsablauf anzupassen. Es ist eine umlaufende Naht zu schweißen. Folgende Prüfungen sind durchzuführen:
 - ba) Farbeindringprüfung nach AD-Merkblatt HP 5/3,
 - bb) Röntgenprüfung (nur für Rundnaht Balg-Anschweißende),
 - bc) Je Prüfstück sind ein Makro- und ein Mikroschliff zu entnehmen. Folgende Untersuchungen sind durchzuführen:
 - Makroschliff (fotografische Übersichtsaufnahme),
 - Mikroschliff (fotografische Aufnahmen mit allgemeiner 200facher Vergrößerung, falls notwendig, auch andere Vergrößerungen),
 - bd) Bei austenitischen Schweißverbindungen sind Grundwerkstoff, Wärmeeinflußzone und Schweißgut auf Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion nach DIN 50 914 zu prüfen.

A.7.4 Arbeitsprüfungen

(1) Im Zuge der Schweißung von Balglängsnähten ist für jedes eingesetzte Schweißverfahren und bei Änderung der Fertigungsgegebenheiten (z.B. Änderung der Maschineneinstellung, Einsatz eines neuen Bandes, Fertigungsunterbrechung) ein Prüfstück zu schweißen. Dieses Prüfstück ist auf das Verformungsverhalten der Balglängsnaht mit einem geeigneten Verfahren (z.B. Tiefungsversuch, Aufweitprobe), das im Rahmen der Zulassung qualifiziert und mit dem Sachverständigen abgestimmt ist, zu prüfen.

H i n w e i s:

Als "Fertigungsunterbrechung" gelten nicht

- a) das Einlegen neuer Hülsen zum Schweißen von Balgzylindern.
- b) reguläre Arbeitspausen innerhalb der Schicht.
- c) Schichtwechsel.

(2) Je Lieferlos ist eine Arbeitsprüfung durchzuführen. Die Prüfungen sind entsprechend Abschnitt A 7.3 durchzuführen, wobei für die Prüfungen nach Absatz 2 Aufzählungen ab, ac und ae nur ein Versuch erforderlich ist.

A 7.5 Umformen

A 7.5.1 Verfahrensprüfung für das Umformen

(1) Bei Warm- und Kaltumformung sind Werkstoff- und DIN-Normen, Stahl-Eisen- und VdTÜV- Werkstoffprüfblätter sowie AD-Merkblatt HP 7/1 zu berücksichtigen.

(2) Die Umformverfahrensprüfung ist auf das angewendete Umformverfahren, die Erzeugnisform, den Wanddickenbereich und Wärmebehandlungszustand abzustimmen. Bei kaltumgeformten Bälgen ist die erforderliche Kalibrierung der Bälge in die Umformverfahrensprüfung mit einzubeziehen. Die Umformverfahrensprüfung ist in Anwesenheit des Sachverständigen durchzuführen. Folgende Prüfungen sind durchzuführen:

- a) Ermittlung der mechanisch-technologischen Eigenschaften und Farbeindringprüfung des Ausgangsblechs. (Dieses ist nicht erforderlich, wenn die Werte und Prüfergebnisse dem Abnahmezeugnis für dieses Ausgangsblech entnommen werden können),

- b) Ermittlung des maximalen Umformgrades,
- c) Farbeindringprüfung des verformten Prüfstückes, soweit möglich. Anzeigen sind nicht zugelassen
- d) Überprüfung der Maßhaltigkeit,
- e) Prüfung der mechanisch-technologischen Eigenschaften nach dem Umformen, besonders an Stellen des maximalen Umformgrades und der Balglängsnaht.

(3) Über die Verfahrensprüfung für das Umformen ist ein Bericht anzufertigen, der alle verfahrenstechnischen Details, die Prüfergebnisse und die Abgrenzung des Geltungsbereiches enthält, und zu dem der Sachverständige innerhalb von sechs Wochen schriftlich Stellung nimmt. Die Gültigkeitsdauer der Umformverfahrensprüfung beträgt zwei Jahre und verlängert sich automatisch durch Arbeiten im Geltungsbereich um jeweils zwei weitere Jahre.

A 7.5.2 Wärmebehandlung nach dem Umformen

Eine Wärmebehandlung der Bälge nach dem Kaltumformen ist nicht erforderlich, wenn die Verfahrensprüfung für das Umformen gezeigt hat, daß auf die Wärmebehandlung verzichtet werden kann. Warmumgeformte Bälge sind einer Lösungsglühung zu unterziehen.

A 7.6 Kennzeichnung und deren Erhaltung

Nach Abschluß aller Prüfungen nach Abschnitt A 8 und der durchgeführten Endbesichtigung hat der Sachverständige die Kennzeichnung eines jeden Balgkompensators zu überprüfen. Diese muß enthalten:

- a) Auslegungsdruck,
- b) Druckbeaufschlagungsrichtung,
- c) Auslegungstemperatur,
- d) Baujahr,
- e) Fabriknummer,
- f) Name oder Kennzeichen des Herstellers,
- g) Prüfstempel des Sachverständigen.

A 7.7 Reinigung und Oberflächenschutz

A 7.7.1 Austenitische Werkstoffe

- (1) Anlauffarben an Schweißnähten sind zugelassen, wenn sie den Festlegungen nach DIN 25 410 entsprechen.
- (2) Die Balgkompensatoren sind zu reinigen und auf Freiheit von Fetten, Ölen und Reinigungsrückständen zu kontrollieren. Warmumgeformte Bälge sind mit Strahlmitteln, die für austenitische Werkstoffe geeignet sind, zu entzundern. Die Sauberkeitsstufe 2 nach DIN 25 410 ist einzuhalten.

A 7.7.2 Ferritische Werkstoffe

Ferritische Bauteile von Balgkompensatoren sind zu reinigen und auf Fette, Öle und Reinigungsrückstände zu kontrollieren. Der Oberflächenschutz darf die Durchführbarkeit wiederkehrender Prüfungen nicht unzulässig beeinträchtigen.

A 8 Prüfungen

A 8.1 Allgemeines

Für Bauprüfungen an Balgkompensatoren gelten die Anforderungen aus KTA 3211.3. Abweichend hiervon gelten für die Prüfung von Bälgen die Abschnitte A 8.2 bis A 8.5, für Balgkompensatoren die Abschnitte A 8.6 und A 8.7.

A 8.2 Durchstrahlungsprüfung

- (1) An jedem Balg ist eine Durchstrahlungsprüfung nach DIN 54 111 Teil 1 Prüfklasse B durchzuführen.

- a) Prüfungsgang für Bälge 100%:
 - aa) Balglängsnahte im unverformten Zustand,
 - ab) Balganschlußnahte bei Stumpfnähten (**Bild A 4-1** Ausführungsform 1),
- b) Anforderungen: AD-Merkblatt HP 5/3 Bildgüteklasse I nach DIN 54 109 Teil 3.

(2) Die Filme sind dem Sachverständigen zur Beurteilung vorzulegen.

A 8.3 Oberflächenrißprüfungen

An jedem Balg ist eine Oberflächenrißprüfung nach AD-Merkblatt HP 5/3 im Beisein des Sachverständigen durchzuführen.

- a) Prüfungsumfang:
 - aa) Balgnahte nach dem Umformen, soweit zugänglich,
 - ab) Balganschlußnahte 100% Bei Balgkompensatoren mit Stumpfnahantanschluß (**Bild A 4-1** Ausführungsform 1) bis zu DN 300 ist die Prüfung von außen, mit Stumpfnahantanschluß größer als DN 300 ist die Prüfung von außen und innen durchzuführen
 - ac) sonstige Nähte nach Abschnitt A 4.3.3 100%.
- b) Anforderungen: Bei Längs- und Rundnähten sind keine Anzeigen zugelassen. Sonstige Nähte nach Abschnitt A 4.3.3 sind nach AD-Merkblatt 5/3 zu bewerten.

A 8.4 Besichtigung und Maßprüfung

Es sind vom Hersteller zu prüfen:

- a) die Maßhaltigkeit der Bälge und die Anzahl der Balgwellen,
- b) die Balgoberflächen auf Beschädigung,
- c) die Sauberkeit nach DIN 25 410.

A 8.5 Werkstoffprüfung

- (1) Bei warmumgeformten Bälgen mit anschließender Lösungsglühung sind je Schmelze und Endwärme behandlungslos zu prüfen und dem Sachverständigen nachzuweisen:
 - a) 1 Zugversuch nach DIN 50 145 (Bescheinigung nach DIN 50 049 - 3.1C),
 - b) 1 Prüfung auf IK-Beständigkeit nach DIN 50 914 (Bescheinigung nach DIN 50 049 - 3.18).
- (2) Die Probenahme erfolgt aus der Überlänge eines Balges, die nach Rückverformung geglüht ist, oder aus den der Glühung beigefügten unverformten Probestücken.

A 8.6 Druckprüfung

Die Balgkompensatoren sind beim Hersteller im Beisein des Sachverständigen einer Wasserdruckprüfung mit dem 1,3fachen ihres Auslegungsdruckes zu unterziehen. Bei außendruckbeanspruchten Balgkompensatoren ist eine Außendruckprüfung mit dem 1,5fachen des Auslegungsdruckes des Reaktorsicherheitsbehälters durchzuführen. Die Druckprüfung ist bei der für den bestimmungsgemäßen Betrieb zu fordernden maximalen Auslenkung des Balgkompensators auszuführen. Dabei darf die laterale Auslenkung durch entsprechende axiale Auslenkung berücksichtigt werden.

A 8.7 Dichtheitsprüfung

Nach der Druckprüfung ist der Balgkompensator vollständig zu trocknen und erneut auf Sauberkeit zu überprüfen. Anschließend ist die Gasdichtheit beim Hersteller im Beisein des Sachverständigen nachzuweisen. Zugelassen ist eine Leckrate von bis zu 10^{-3} hPa x l x s⁻¹. Als Prüfverfahren dürfen Tests mit schaubildendem Mittel, Stickstoff oder Heliumlecktest angewendet werden.

Anhang B

Anforderungen an Bauteile der EG 2 und an Bauteile der Anforderungsstufe R 3

Inhalt

B 1	Anwendungsbereich	B 4	Herstellung
B 2	Werkstoffe und Erzeugnisformen	B 4.1	Herstellungsvoraussetzungen
B 2.1	Allgemeines	B 4.2	Schweißen
B 2.2	Werkstoffanforderungen	B 4.3	Schweißzusätze und -hilfsstoffe
B 2.3	Zerstörungsfreie Prüfungen von Erzeugnisformen	B 4.4	Verfahrensprüfungen
B 2.4	Nachweis der Güteeigenschaften	B 4.5	Arbeitsprüfungen
B 3	Unterlagen, Dokumentation	B 4.6	Umformen von Bauteilen
B 3.1	Unterlagen für Konstruktion, Berechnung und Herstellung	B 4.7	Wärmebehandlung
B 3.2	Dokumentation	B 4.8	Kennzeichnung
		B 4.9	Toleranzen
		B 4.10	Bauüberwachung und Bauprüfung
		B 4.11	Zerstörungsfreie Prüfungen an Schweißnähten

B 1 Anwendungsbereich

(1) Anhang B ist anzuwenden für Werkstoffe und Erzeugnisformen, Unterlagen und Dokumentation sowie Herstellung von Bauteilen der EG 2 und für die druckführende Wand von Bauteilen der EG 1 der Anforderungsstufe R 3.

(2) Die Einstufung von Bauteilen ist der **Tabelle 4-1** zu entnehmen.

B 2 Werkstoffe und Erzeugnisformen

B 2.1 Allgemeines

B 2.1.1 Werkstoffauswahl

(1) Die zugelassenen Werkstoffe sind der **Tabelle B 2-1** zu entnehmen.

(2) Die Werkstoffe müssen in ihren Eigenschaften auf den Anwendungsfall abgestimmt sein.

(3) Die Verwendung anderer als der in **Tabelle B 2-1** angegebenen Werkstoffe bedarf der Zustimmung durch den Sachverständigen.

B 2.1.2 Anforderungen an den Hersteller

Für Anforderungen an Hersteller ist das AD-Merkblatt WO anzuwenden.

B 2.2 Werkstoffanforderungen

B 2.2.1 Allgemeine Anforderungen

Es gelten die Anforderungen der AD-Merkblätter der Reihe W B 2.2.2. Besondere Anforderungen an ferritische Werkstoffe

B 2.2.2.1 Analyse

(1) Soweit werkstoffbezogen keine engeren Begrenzungen für Phosphor und Schwefel gelten, sind für Bleche, Rohre und

Schmiedeteile aus zugelassenen Werkstoffen nach **Tabelle B 2-1**, Zeile (1) folgende Analysebeschränkungen einzuhalten:

$$P \leq 0,035\%, S \leq 0,030\%$$

Hinweis:

Chargenauswahl ist zugelassen.

(2) Diese Analysebeschränkungen gelten nicht bei:

- Kleinabmessungen ($\leq DN 80$ oder $s \leq 10$ mm),
- Ausnutzung der zugelassenen Spannung der Beanspruchungsstufe B nach **Tabelle 6-1** kleiner als oder gleich 50 %,
- Normteilen nach DIN (z.B. Normflansche),
- Serienteilen nach Vereinbarung mit dem Sachverständigen,
- nicht geschweißten Bauteilen,
- eignungsgeprüften Bauteilen.

B 2.2.2.2 Bleche mit verbesserten Eigenschaften für Beanspruchung senkrecht zur Erzeugnisoberfläche

Werden Bleche mit Blechdicken größer als 20 mm senkrecht zur Erzeugnisformoberfläche beansprucht (z.B. Endscheiben), sind verbesserte Eigenschaften in Dickenrichtung nach SEL 096, Güteklasse Z 25 einzuhalten.

B 2.3 Zerstörungsfreie Prüfungen von Erzeugnisformen

Die durchzuführenden zerstörungsfreien Prüfungen von Erzeugnisformen sind der **Tabelle B 2-2** zu entnehmen.

B 2.4 Nachweis der Güteeigenschaften

(1) Der Nachweis der Güteeigenschaften hat nach den Festlegungen der AD-Merkblätter der Reihe W zu erfolgen. Erforderliche werkstoff- und erzeugungsformabhängige Ergänzungen sind mit dem Sachverständigen festzulegen.

(2) Die Ergebnisse der zerstörungsfreien Prüfungen sind vom Hersteller durch ein Abnahmeprüfzeugnis B nach DIN 50 049 zu bescheinigen.

B 3 Unterlagen, Dokumentation

B 3.1 Unterlagen für Konstruktion, Berechnung und Herstellung

(1) Soweit für die jeweilige Rohrdurchführung zutreffend, sind vom Hersteller die in **Tabelle B 3-1** aufgelisteten Herstellungsunterlagen zu Herstellen und zu prüfen.

(2) Soweit für die jeweilige Rohrdurchführung zutreffend, sind folgende Unterlagen vom Sachverständigen im Rahmen der Vorprüfung zu prüfen:

- a) Auslegungsdaten,
- b) Zusammenstellungszeichnung,
- c) Stückliste mit Werkstoffangaben,
- d) Bauteilzeichnungen von Rohrleitungsteilen,
- e) Dimensionierungsberechnung,
- f) Analyse des mechanischen Verhaltens,
- g) Prüffolgeplan,
- h) Schweißplan,
- i) Reparaturpläne.

B 3.2 Dokumentation

Die Dokumentation der in **Tabelle B 3-1** aufgelisteten Unterlagen ist entsprechend KTA 3211.3 durchzuführen.

Werkstoffart	
(1) Ferritische Werkstoffe	<ul style="list-style-type: none"> a) Werkstoffe der Werkstoffgruppen WI und WII aus KTA 3211.1 b) Werkstoffe der Werkstoffgruppe 1 nach AD-Merkblatt HPO Bei unlegierten oder niedriglegierten ferritischen Stählen sind nur die beruhigt vergossenen Güten zugelassen. c) Werkstoffe 10 CrMo 9 10, 13 CrMo 44, nur bei besonderen betrieblichen Beanspruchungen (z. B. Verschleiß, Korrosion, Erosion) nach Zustimmung durch den Sachverständigen.
(2) Austenitische Werkstoffe	<ul style="list-style-type: none"> a) Stabilisierte austenitische Stähle <ul style="list-style-type: none"> X 6 CrNiTi 18 10 (1.4541) X 6 CrNiNb 18 10 (1.4550) X 6 CrNiMoTi 17 12 2 (1.4571) X 6 CrNiMoNb 17 12 2 (1.4580) b) Unstabilisierte Stähle <ul style="list-style-type: none"> X 3 CrNiMoN 17 13 5 (1.4439)

Tabelle B 2-1 : Zugelassene Werkstoffe

B 4 Herstellung

B 4.1 Herstellungsvoraussetzungen

Für die Qualifikation des Herstellers gelten die Anforderungen des AD-Merkblattes HP0.

B 4.2 Schweißen

B 4.2.1 Schweißnahtvorbereitung

B 4.2.1.1 Herstellung von Schweißfugenflanken

(1) Schweißfugenflanken sind bevorzugt spanend anzuarbeiten.

(2) Werden Schweißfugenflanken durch Brennschneiden hergestellt, ist bei ferritischen Werkstoffen in folgenden Fällen vorzuwärmen:

- a) Umgebungstemperatur kleiner als 5 C
- b) soweit werkstoffabhängig gefordert (z.B. Regeln, Richtlinien).

(3) Durch Brennschneiden hergestellte Fugenflanken müssen der Güte I nach DIN 2310 Teil 2 genügen. Bei ferritischen Werkstoffen sind die Fugenflanken zunderfrei abzuarbeiten. Wenn in der Verfahrens prüfung nicht anders nachgewiesen, ist bei ferritischen Werkstoffen mit $R_{p0,2RT}$ größer als 370 Nmm⁻² und bei sonstigen Werkstoffen nach **Tabelle B 2-1** (1) c) die Oberfläche 2 mm spanend abzutragen.

(4) Durch Plasmaschneiden aus austenitischen Werkstoffen hergestellte Schweißfugenflanken dürfen unbearbeitet bleiben.

(5) Schweißfugenflanken müssen frei von Verunreinigungen (z.B. Rost, Fett, Farbe) sein.

B 4.2.1.2 Toleranzen

Im Bereich von Einseiten-Rundnähten sind die Toleranzen der Innendurchmesser so festzulegen, daß eine anforderungsgerechte Wurzelschweißung sichergestellt und der zugelassene Kantenversatz nach Abschnitt B 4.2.3.2 nicht überschritten wird.

B 4.2.2 Durchführung der Schweißarbeiten

B 4.2.2.1 Umgebungsbedingungen

Die Schweißarbeiten sind wettergeschützt durchzuführen. Bei Umgebungstemperaturen kleiner als 5 °C sind werkstoffabhängig besondere Maßnahmen zu treffen.

B 4.2.2.2 Schweißbedingungen

(1) Die Schweißbedingungen bei ferritischen Werkstoffen (Vorwärmtemperatur, Wärmeeinbringung, Lagenaufbau) sind so festzulegen, daß in der Wärmeeinflußzone eine möglichst geringe Aufhärtung entsteht. Eine Härte von 350 HV 10 darf nicht überschritten werden. Überschreitungen unterliegen der Zustimmung durch den Sachverständigen.

(2) Für die Wärmeführung beim Schweißen (Vorwärmen, Zwischenlagenentemperatur oder Soaken) gelten die werkstoffbezogenen Festlegungen. Die geforderte Vorwärmtemperatur soll im Bereich 4s (bei s kleiner als 25 mm sind 100 mm ausreichend) auf beiden Seiten der Schweißnaht eingehalten werden.

(3) Der Nahtbereich muß schwitzwasserfrei sein.

Erzeugnisform	Art der Prüfung		
	Ultraschallprüfung US	Oberflächenrißprüfung ORP nach AD-Merkblatt HP 5/3	Durchstrahlungsprüfung D
Bleche s > 10 mm	Endscheiben: Randzonenprüfung nach SEL 072 Klasse 1	entfällt	entfällt
Preß- und Kümpelteile	entfällt	Halbschalen, Bordrand und Krempe von Böden ^{1) 2)} 100 %	entfällt
Rohre (nahtlos)	Ferrit: nach SEP 1915 Gütestufe III Austenit: nach AD W2	entfällt	entfällt
Rohre (LN-geschweißt)	Rohre: nach DIN 17 177 Gütestufe I: nach SEP 1917 (B), Gütestufe III: nach SEP 1915 Schmelzgeschweißte Rohre: nach SEP 1916	CrMo-Stähle: 100 % der Schweißnähte Sonstige Stähle: stichprobenweise	Austenit: s > 6 mm: 100 % nach AD HP 5/3 s ≤ 6 mm: 100 % Wirbelstromprüfung
Reduzierungen, Rohrbogen (nahtlos)	entfällt	10 % ²⁾	entfällt
Reduzierungen, Rohrbogen (LN-geschweißt)	Ferrit: s ≤ 20 mm: 100 % US(B) s ≥ 20 mm: 100 % US(C) nach AD HP 5/3 Bei Ausnutzung der Betriebsnennspannung ≤ 85 %: 10 %	CrMo-Stähle: 100 % der Schweißnähte Sonstige Stähle: stichprobenweise	Ferrit: s ≤ 20 mm alternativ zu US 100 % D (B) nach AD HP 5/3 Austenit: 100 % D(B) nach AD HP 5/3 Bei Ausnutzung der Betriebsnennspannung ≤ 85 %: 10 %
Schmiedeteile	Ferrit: 100 % Volumenprüfung, nach AD W 13 oder AD W 12	100 % im endbearbeiteten ²⁾ Zustand, sofern Stückgewicht > 300 kg	entfällt

1) Entfällt bei kaltumgeformten Bauteilen ohne Wärmebehandlung nach dem Kaltumformen.
2) Werkstofftrennungen sind nicht zugelassen.

Tabelle B 2-2: Zerstörungsfreie Prüfungen von Erzeugnisformen

B 4.2.2.3 Lagenaufbau

- (1) Alle Verbindungsnahte sind grundsätzlich mehrlagig zu schweißen.
- (2) Die Glühlagentechnik ist bei folgenden Werkstoffen anzuwenden:
 - a) (W) StE 355 und 15 MnNi 6 3 (wenn keine Spannungsarmglühung folgt),
 - b) Werkstoffe mit $R_{p0,2RT}$ größer als 370 Nmm^{-2} .
- (3) Folgende Verfahren zur Umsetzung der Glühlagentechnik sind zugelassen:
 - a) Der Lagenaufbau ist von den Schweißfugenflanken aus vorzunehmen. Die letzten Raupen der Decklage dürfen den Grundwerkstoff nicht anschmelzen. Sie dürfen in den Lagenaufbau integriert werden.
 - b) Ein abweichender Lagenaufbau (z. B. Pendellagen bei Stehnahten) ist zugelassen, wenn im Rahmen einer Verfahrensprüfung die Gleichwertigkeit im Hinblick auf den Glühlageneffekt nachgewiesen wird.
- (4) Der Lagenaufbau bei austenitischen Werkstoffen ist mit Strichraupen (bei möglichst geringer Wärmeeinbringung) durchzuführen.

B 4.2.2.4 Anschweißnähte

- (1) HV-, DHV- und Kehlnähte sind mindestens zweilagig zu schweißen. Die letzte Raupe darf den Grundwerkstoff der drucktragenden Wand nicht anschmelzen. Beim Schweißen von Pendellagen entfällt diese Anforderung.
- (2) Ausläufe von Kehlnähten sind zu umschweißen.

B 4.2.2.5 Schweißen der Wurzellage

Beim Schweißen der Wurzel von austenitischen Einseitennähten ist eine Abdeckung der Wurzelenseite (z.B. Formieren) vorzunehmen, sofern die Wurzel nach dem Schweißen nicht mechanisch abgearbeitet wird. Die Wurzel von ferritischen Nähten ist abzarbeiten, falls dies aus Gründen der Ultraschallprüfbarkeit (Prüfung von einer Nahtseite) erforderlich ist.

B 4.2.2.6 Ausfugen

- (1) Das Ausfugen von Wurzelschweißungen vor dem Genschweißen soll bevorzugt spanend erfolgen. Bei ferritischen Werkstoffen ist autogenes Fugen oder das Fugen mit kupferbedampfen Kohlelektroden zugelassen. Hinsichtlich Vorwärmung, Oberflächengüte und Sauberkeit gelten die Anforderungen nach Abschnitt B 4.2.1.1.
- (2) Ein Ausfugen der Wurzel darf entfallen, wenn mit Oxidationsschutz gearbeitet wird und in der Verfahrensprüfung der entsprechende Nachweis geführt worden ist.

B 4.2.2.7 Reparaturschweißungen

Die Anforderungen der Abschnitte B 4.2.2.1 bis B 4.2.2.6 gelten, soweit jeweils zutreffend, auch für das Ausarbeiten von Fehlerstellen und für die Durchführung von Reparaturschweißungen.

B 4.2.2.8 Heft- und Hilfsschweißungen

Die vorstehenden Anforderungen gelten auch für Heft- und Hilfsschweißungen. Heftschweißungen dürfen als Bestandteil der Wurzel verbleiben (Teilwurzel), wenn die Länge der Heftschweißungen (im allgemeinen größer als 50 mm) ausreichend bemessen ist.

B 4.2.2.9 Zündstellen

Das Zünden der Elektrode außerhalb der Schweißnahtfugen ist nicht zugelassen. Dennoch entstehende Zündstellen sind zu beschleifen und einer Oberflächenrißprüfung zu unterziehen.

B 4.2.3 Anforderungen an die Qualität von Schweißnähten**B 4.2.3.1 Mechanisch-technologische Eigenschaften**

Die mechanisch-technologischen Eigenschaften müssen den Anforderungen des Grundwerkstoffes entsprechen. Das ist durch die Ergebnisse der Verfahrensprüfung und der Arbeitsprüfung nachzuweisen.

B 4.2.3.2 Innere und äußere Befunde

Zusätzlich zu den Anforderungen des AD-Merkblattes HP 5/1 gilt:

- a) Für den Kantensatz von Rohrrundnähten 0,15 s, maximal 2 mm,
- b) Für Kehlnähte gilt DIN 8563 Teil 3 Bewertungsgruppe BK.

B 4.2.3.3 Anlauffarben bei Austenit

Anlauffarben an Schweißnähten sind zugelassen, wenn sie den Festlegungen nach DIN 25 410 entsprechen.

B 4.2.3.4 Korrosionsbeständigkeit

Austenitische Auftragsschweißungen müssen größer oder gleich 2 mm unter der Oberfläche im fertig bearbeiteten Zustand korrosionsbeständig sein (Nachweis in der Verfahrensprüfung und in der Arbeitsprüfung).

B 4.2.3.5 Nahtunterschleifungen

Nahtunterschleifungen sind grundsätzlich zu vermeiden. Örtliche Unterschleifungen kleiner als oder gleich 5% der rechnerischen Wanddicke sind ohne Nachweis zugelassen, wenn Überlänge (flach verlaufend kleiner als oder gleich 5) und Welligkeit die geforderte zerstörungsfreie Prüfung gestatten.

B 4.3 Schweißzusätze und -hilfsstoffe

Es sind nach VdTÜV-Merkblatt Schweißtechnik 1153 eigensgeprüfte Schweißzusätze und -hilfsstoffe zu verwenden.

B 4.4 Verfahrensprüfung**B 4.4.1 Allgemeines**

(1) Für die zu verschweißenden Werkstoffe sind vor Beginn der Schweißarbeiten gültige Verfahrensprüfungen nachzuweisen. Soweit in diesem Abschnitt keine anderen oder weiteren Festlegungen getroffen werden, gilt das AD-Merkblatt HP 2/1. Ersatzweise sind vorgezogene Arbeitsprüfungen im Umfang der Verfahrensprüfung zugelassen.

(2) Soweit für die Durchführung und Bewertung von Verfahrensprüfungen im AD-Merkblatt HP 2/1 keine Festlegungen vorliegen, sind Vereinbarungen mit dem Sachverständigen zu treffen.

(3) Eine Verfahrensprüfung für Stumpfnähte deckt Anschweißnähte innerhalb des Geltungsbereiches dieser Verfahrensprüfung ab.

B 4.4.2 Durchführung

(1) Bei neu zu schweißenden Prüfstücken an Blechen ist die Schweißnaht parallel zur Hauptverformungsrichtung des Bleches zu legen.

Unterlagen zur Auslegung, Herstellung und Dokumentation		Dokumentationsart
1	Konstruktion	
1.1	Auslegungsdaten (z. B. in Form eines Auslegungsdaten blatts)	E
1.2	Zusammenstellungszeichnung (soweit erforderlich Baugruppenzeichnung)	E
1.3	Stückliste mit Werkstoffangaben (oder Werkstoffliste getrennt oder Zeichnung)	E
1.4	Bauteilzeichnungen von Rohrleitungsteilen	E
2	Berechnung	
2.1	Dimensionierungsberechnung	E
2.2	Analyse des mechanischen Verhaltens	E
2.3	Berechnungsisometrien	E
3	Herstellung	
3.1	Allgemeine Herstellungsvoraussetzungen (Herstellerbeurteilung, Schweißerzeugnisse, Vorliegen der Verfahrensprüfung)	Z
3.2	Detailzeichnungen	Z
3.3	Fertigungsisometrie (Rohrleitungen)	E
3.4	Isometriestückliste (Rohrleitungen)	E
3.5	Werkstoffzeugnisse	E
3.6	Kontrollplan des Herstellers	Z
3.7	Herstellungsanweisungen	Z
3.8	Prüffolgeplan oder äquivalenter Prüfplan	E
3.9	Schweißpläne und Wärmebehandlungsplan	E
3.10	Reparaturpläne (PFP mit Schweißplänen)	E
3.11	Filme und Filmlagepläne (D)	E
3.12	Prüfprotokoll US, D	E
3.13	Maßkontrollblätter (Zwischenkontrollen)	Z
3.14	Prüfberichte über Verfahrensprüfungen	Z
3.15	Prüfberichte über bauteilbezogene Arbeitsprüfungen	E
3.16	Meßprotokoll der fertigen Komponenten	E
3.17	Abweichungsberichte	E
3.18	Gesamtdokumentation	E
Qualitätsfreigabebescheinigung		
E : Endablage		
Z : Zwischenablage		

Tabelle B 3-1: Unterlagen zur Auslegung, Herstellung und Dokumentation von Komponenten

(2) Die am Bauteil erforderlichen Wärmebehandlungen müssen abgedeckt sein.

(3) Es muß keine Chargengleichheit zwischen den bei der Verfahrensprüfung und den beiden Bauteilen verwendeten Werkstoffen und Schweißzusätzen und -hilfsstoffen bestehen.

(4) Für das Reparaturschweißverfahren muß eine gültige Verfahrensprüfung vorliegen.

B 4.4.3 Prüfumfänge und Anforderungen

Es gelten die Prüfumfänge und die Anforderungen des AD-Merkblattes HP 2/1. Zusätzlich gilt:

- a) Mechanisch-technologische Eigenschaften
Für die Wärmeinflußzone gelten für die Kerbschlagarbeit die Mindestanforderungen des Grundwerkstoffes.
- b) Rohrrundnähte
Werden mechanisierte Schweißverfahren mit umlaufenden Schweißautomaten eingesetzt, gelten in Abstimmung mit dem Sachverständigen gesonderte Festlegungen.

- c) Austenitische Schweißnähte
Nachweis der IK-Beständigkeit nach DIN 50 914.
- d) Mischnähte zwischen Austenit und Ferrit
Für die Erprobung der Wärmeeinflußzone gelten die Prüfumfänge und Prüfanforderungen für jede Nahtseite entsprechend den eingesetzten Werkstoffen. Nachweise der IK- Beständigkeit und der Bestimmung des Delta- Ferritgehaltes sind nicht erforderlich.

Abweichend vom AD-Merkblatt HP 2/1 gilt:

- a) Auftragsschweißung
Es sind Oberflächenrißprüfungen, Festigkeits- und Duktilitätsnachweise (Biegeversuche), Schliffe und Härteprüfungen erforderlich. (Zusätzlich für austenitische Auftragschweißungen ein Nachweis der IK- Beständigkeit größer als oder gleich 2 mm unter der fertig bearbeiteten Oberfläche sowie Bestimmung des Delta- Ferritgehaltes).
- b) Kraftübertragende Auftragsschweißungen
Grundsätzlich ist die kraftübertragene Auftragsschweißung durch die Verfahrensprüfung einer Verbindungsnaht abgedeckt. Gesonderte Festlegungen sind z.B. erforderlich bei mechanisierten Verfahren, wenn wesentliche Unterschiede bei der Wärmeableitung gegenüber den Verbindungsschweißungen vorhanden sind. Im Einzelfall (z.B. mechanisierte Verfahren), sind Abstimmungen mit dem Sachverständigen erforderlich.

B 4.4.4 Prüfbericht

Nach Abschluß der Verfahrensprüfung ist ein Prüfbericht zu erstellen, der alle Angaben zur Durchführung der Verfahrensprüfung und alle Prüfergebnisse mit Bewertung enthält.

B 4.5 Arbeitsprüfungen

B 4.5.1 Allgemeines

Der Hersteller hat während der Fertigung durch Arbeitsprüfungen nachzuweisen, daß die Schweißnähte die gestellten Anforderungen erfüllen. Soweit in diesem Abschnitt keine anderen oder weiter gehenden Anforderungen gestellt werden, gilt das AD-Merkblatt HP 5/2.

B 4.5.2 Durchführung

- (1) Die Anzahl der zu schweißenden Prüfstücke ist im AD-Merkblatt HP 5/2 festgelegt.
- (2) Für Schweißungen, für die im AD-Merkblatt HP 5/2 keine Festlegungen getroffen sind (z.B. Rohrleitungen), ist eine Arbeitsprüfung pro Jahr durchzuführen.

- (3) Es muß keine Chargengleichheit zwischen den bei der Arbeitsprüfung und den bei den Bauteilen verwendeten Werkstoffen und Schweißzusätzen und -hilfsstoffen bestehen.

B 4.5.3 Prüfumfänge und Anforderungen

- (1) Prüfumfänge und Anforderungen für die Arbeitsprüfungen sind dem AD-Merkblatt HP 5/2 zu entnehmen.
- (2) Ergänzend zum AD-Merkblatt HP 5/2 gelten die in Abschnitt B 4.4.3 getroffenen ergänzenden Festlegungen.

B 4.5.4 Prüfbericht

Nach Abschluß der Arbeitsprüfung ist ein Prüfbericht zu erstellen, der alle Angaben zur Durchführung der Arbeitsprüfung und alle Prüfergebnisse enthält.

B 4.6 Umformen von Bauteilen

B 4.6.1 Verfahren

Für das Umformen von Bauteilen sind nur qualifizierte Verfahren zugelassen. Art und Umfang von Verfahrensprüfungen für Biegungen sind nach KTA 3211.3 durchzuführen.

B 4.6.2 Kaltumformen

- (1) Beim Kaltumformen ist, wenn die in den AD-Merkblättern HP 7/2 und HP 7/3 genannten zugelassenen Kaltverformungsgrade nicht überschritten werden, eine erneute Werkstoffabnahme nicht erforderlich.
- (2) Beim Kaltumformen mit Überschreitung des zugelassenen Kaltumformgrades sind grundsätzlich eine Wärmebehandlung und eine Werkstoffprüfung einschließlich zerstörungsfreier Prüfung nach Abschnitt B 2 erforderlich. Für das Mitverformen von Schweißnähten sind besondere Verfahrensnachweise erforderlich. Für den Entfall einer im allgemeinen durchzuführenden Wärmenachbehandlung ist ein Zulässigkeitsnachweis zu führen. Dabei ist der Einfluß auf die Korrosionsbeständigkeit zu berücksichtigen.

B 4.6.3 Warmumformen

- (1) Es sind die für den jeweiligen Werkstoff festgelegten Bedingungen einzuhalten (z.B. VdTÜV-Werkstoffblätter, AD-Merkblätter H P 7/2, HP 7/3 und HP 8/2).
- (2) Werden geschweißte Teile warmumgeformt, muß nachgewiesen werden, daß das Schweißgut die gleichen Anforderungen auch nach dem Umformen erfüllt. Andernfalls ist das warmumgeformte Schweißgut zu entfernen und das Bauteil neu zu schweißen.

Werkstoffe	Ferrit $R_{p0,2RT} > 370 \text{ Nmm}^{-2}$		Ferrit $R_{p0,2RT} \leq 370 \text{ N mm}^{-2}$ Austenit und Mischverbindungen		
	Zerstörungsfreie Prüfverfahren	D (B) oder US (B) ²⁾	ORP	D (A) oder US (A) ³⁾	ORP
Prüfung der Schweißnähte	25 % ¹⁾		25 %	5 % ¹⁾	Stichproben
D: Durchstrahlungsprüfung		¹⁾ Nicht zu prüfen sind			
US: Ultraschallprüfung		a) Stutzennähte $\leq \text{DN } 25$			
ORP: Oberflächenrißprüfung		b) Anschweißnähte (HV-, DHV-Kehlnähte) mit einer Anschlußwanddicke $s < 15 \text{ mm}$.			
(): Prüfklasse nach AD-Merkblatt HP 5/3		²⁾ Doppelwanddurchstrahlung bis 40 mm zugelassen.			
		³⁾ Ist bei Austenit und Mischverbindungen nicht anzuwenden.			

Tabelle B 4-1: Umfang der zerstörungsfreien Prüfungen an Schweißnähten

B 4.6.4 Protokoll

Über die durchgeführten Umformarbeiten ist vom Hersteller ein Protokoll zu erstellen. Darin sind Angaben zu machen über

- Wärme- und Umformeinrichtungen,
- Umformgrad (sofern keine Wärmebehandlung erfolgt)
- Temperaturführung.

B 4.6.5 Abnahme von umgeformten Bauteilen

(1) An warmumgeformten Bauteilen oder Bauteilen mit anschließender Wärmebehandlung ist eine Werkstoffprüfung einschließlich zerstörungsfreier Prüfung entsprechend den Anforderungen für Erzeugnisformen nach Abschnitt B 2 vorzunehmen.

(2) Eine Erprobung an einem simulierten umgeformten Probestück ist zugelassen, wenn die Erprobung am Bauteil nicht möglich ist.

B 4.6.6 Toleranzen für Rohrbogen und Rohrbiegungen

(1) Die Unrundheit darf 5% nicht überschreiten (an Schweißnähten kleiner als oder gleich 2%).

(2) Die Welligkeit ist im Rahmen der Begutachtung festzulegen.

(3) Die Festlegungen für Abmessungen, Winkel und Wanddickenveränderungen erfolgen in Abhängigkeit vom Verfahren.

B 4.7 Wärmebehandlung**B 4.7.1** Allgemeines

Die Durchführung von Wärmebehandlungen hat grundsätzlich nach den Festlegungen der AD-Merkblätter HP 7/1, HP 7/2 und HP 7/3 zu erfolgen.

B 4.7.2 Wärmebehandlung nach dem Schweißen

Nach der letzten Wärmebehandlung dürfen an Bauteilen, die aufgrund ihrer Wanddicke nach dem Schweißen eine Glühbehandlung benötigen, keine Schweißarbeiten mehr vorgenommen werden. Ausnahmen sind nur mit besonderer Zustimmung des Sachverständigen zugelassen.

B 4.7.3 Örtliche Spannungsarmglühung**B 4.7.3.1** Glühbereich

(1) Bei Rundnähten soll die Breite des Glühbereiches mindestens 2 s (bei DN größer als 100 mindestens 100 mm) betragen.

(2) Der Temperaturverlauf ist in **Bild B 4-1** festgehalten.

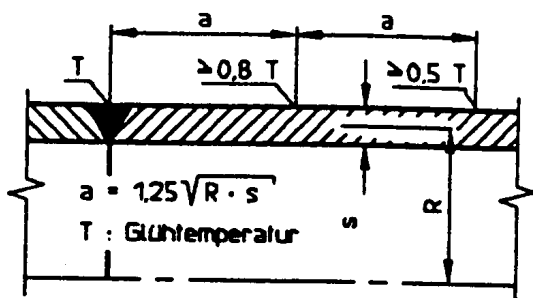


Bild B 4-1: Temperaturverlauf beim Spannungsarmglühen

(3) Bei Wanddicken mit s kleiner als oder gleich 30 mm ist die Vorgabe zum Temperaturverlauf erfüllt, wenn die Wärmeeinbringung in einem Bereich 8 s mit über diesen Bereich hinausgehender Isolierung erfolgt.

(4) Beheizung, Isolierung, Aufheiz- und Abkühlgeschwindigkeit sind so festzulegen, daß eine Bauteil- oder Werkstoffschädigung vermieden wird.

B 4.7.3.2 Ausdehnungsbehinderung

Bei Ausdehnungsbehinderung oder geometrischen Unstetigkeiten sind besondere Maßnahmen zu treffen (Isolierung, geringe Aufheizgeschwindigkeit, größerer Wärmebehandlungsbereich), um nicht zugelassene bleibende Verformungen zu vermeiden. Es können Nachweise anhand von Berechnungen oder Versuchswerten oder Erfahrungswerten erbracht werden.

B 4.7.3.3 Verfahren

(1) Im Schweißplan oder in besonderen Fällen im Wärmebehandlungsplan sind die erforderlichen Angaben zum Glühgerät, zur Isolierung, zur Temperaturführung und zur Temperaturmessung festzulegen.

(2) Liegt eine Verfahrensqualifizierung vor, sind einfache Angaben (mit Bezug auf die Qualifizierung) zugelassen.

B 4.7.4 Bescheinigungen

Es sind Bescheinigungen nach AD-Merkblatt HP 7/1 Ziffer 3 auszustellen.

B 4.8 Kennzeichnung

(1) Die Bauteile sind eindeutig zu kennzeichnen.

(2) Beim Trennen von Erzeugnisformen ist die Kennzeichnung von autorisierten Personen zu übertragen.

(3) Als Kennzeichnungsverfahren sind Verfahren zugelassen, die keine Beschädigungen oder keine ausgeprägte Kerbwirkung verursachen. (Die Abhängigkeit von der Wanddicke ist zu beachten). Bei Kleinteilen und Serienteilen kleiner Abmessungen sind organisatorische Maßnahmen zugelassen. Verschlüsselungen sind zulässig.

(4) Schweißnähte sind in ihrer Lage eindeutig zu kennzeichnen. Für Volumenprüfungen sind der Nullpunkt und die Haupttrichtung (Zählrichtung) anzugeben. Das Kennzeichnungssystem ist schriftlich festzulegen.

B 4.9 Toleranzen

Sind in den Herstellungsunterlagen keine Angaben über Toleranzen enthalten, gelten Toleranzen (z.B. für Längen- und Winkelmaße) nach:

- DIN 7168, Freimaßtoleranz "grob" für mechanisch nicht bearbeitete Bauteile,
- DIN 7168, Freimaßtoleranz "mittel" für mechanisch bearbeitete Bauteile.

B 4.10 Bauüberwachung und Bauprüfung**B 4.10.1** Bauüberwachung durch den Hersteller

(1) Die wesentlichen Schritte einer Bauüberwachung hat der Hersteller in einem Kontrollplan zu erfassen. Beispiele hierfür (soweit jeweils zutreffend) sind:

- Kontrolle von Herstellungsvoraussetzungen,
- visuelle Kontrolle, Maßhaltigkeit,

- c) Zwischenprüfungen bei der zerstörungsfreien Prüfung,
- d) Kontrolle von wesentlichen Einrichtungen zur Verarbeitung,
- e) Zusammenbau,
- f) Kontrolle von Schweißarbeiten (Vorwärmung, Schweißkenngrößen, Handhabung der Schweißzusätze, Brennschneiden),
- g) Kontrolle von erforderlichen Mängelbeseitigungen
- h) Reinheitskontrollen,
- i) Konservierung, Verpackung,
- j) Kontrolle der baubegleitenden Dokumentation.

B 4.10.2 Bauüberwachung durch den Sachverständigen

Die Bauüberwachung hat stichprobenartig nach Festlegung durch den Sachverständigen zu erfolgen.

B 4.10.3 Bauprüfungen durch den Hersteller

- (1) Die vom Hersteller durchzuführenden wesentlichen Bauprüfungen sind in einem Prüffolgeplan zu erfassen. Beispiele hierfür sind:
- a) Vorliegen von Herstellungsvoraussetzungen, Werkstoffzeugnissen, Verfahrensprüfungen,

- b) Kontrolle der wesentlichen Abmessungen (einschließlich Kantenversatz und Toleranzen),
- c) Wärmebehandlung
- d) zerstörungsfreie Prüfungen,
- e) Druck und Dichtheitsprüfung,
- f) Kennzeichnung, Umstempelung,
- g) summarische Bestätigung über die Durchführung der Bauüberwachung durch den Hersteller und den Sachverständigen.

B 4.10.4 Bauprüfungen durch den Sachverständigen

Die Bauprüfungen haben im allgemeinen stichprobenartig nach Festlegung durch den Sachverständigen zu erfolgen.

B 4.11 Zerstörungsfreie Prüfungen an Schweißnähten

- (1) Der Umfang zerstörungsfreier Prüfungen an Schweißnähten ist **Tabelle B 4-1** zu entnehmen. Die Angaben in Prozent gelten je eingesetzten Schweißer.
- (2) Die Durchführung der Prüfungen und die Bewertung der Prüfergebnisse hat nach AD-Merkblatt HP 5/3 zu erfolgen.

Anhang C

Bestimmungen, auf die in dieser Regel verwiesen wird

(Die Verweise beziehen sich nur auf die in diesem Anhang angegebene Fassung.)

Sicherheitskriterien KKWSicherheitskriterien für Kernkraftwerke, Bekanntmachung vom 21.Oktober 1977 des Bundesministers des Innern (BANz. Nr. 206 vom 3.11.1977)		
RSK-LL		RSK-Leitlinien für Druckwasserreaktoren, 3. Ausgabe, 14.10.1981 (BANz. Nr. 69 vom 14. April 1982, Beilage Nr. 19/82) Anhänge zu Kap. 4.2, Stand 25. April 1979 (BANz. Nr. 167a vom 6. September 1979)
KTA 1408.1	(6/85)	Qualitätssicherung von Schweißzusätzen und -hilfsstoffen für druck- und aktivitätsführende Komponenten in Kernkraftwerken; Teil 1: Eignungsprüfung
KTA 1408.2	(6/90)	Qualitätssicherung von Schweißzusätzen und -hilfsstoffen für druck- und aktivitätsführende Komponenten in Kernkraftwerken; Teil 2: Herstellung
KTA 3201.1	(6/90)	Komponenten des Primärkreises von Leichtwasserreaktoren ; Teil 1: Werkstoffe
KTA 3201.2	(3/84)	Komponenten des Primärkreises von Leichtwasserreaktoren ; Teil 2: Auslegung, Konstruktion und Berechnung
KTA 3201.3	(12/87)	Komponenten des Primärkreises von Leichtwasserreaktoren; Teil 3: Herstellung
KTA 3205.1	(6/91)	Komponentenstützkonstruktionen mit nichtintegralen Anschlüssen; Teil 1: Komponentenstützkonstruktionen mit nichtintegralen Anschlüssen für Primärkreiskomponenten
KTA 3205.2	(6/90)	Komponentenstützkonstruktionen mit nichtintegralen Anschlüssen; Teil 2: Komponentenstützkonstruktionen mit nichtintegralen Anschlüssen für druck- und aktivitätsführende Komponenten in Systemen außerhalb des Primärkreises
KTA 3211.1	(6/91)	Druck und aktivitätsführende Komponenten von Systemen außerhalb des Primärkreises; Teil 1: Werkstoffe
KTA 3211.3	(6/90)	Druck- und aktivitätsführende Komponenten von Systemen außerhalb des Primärkreises; Teil 3: Herstellung
KTA 3301	(11/84)	Nachwärmeabfuhrsysteme von Leichtwasserreaktoren
KTA 3401.2	(6/85)	Reaktorsicherheitsbehälter aus Stahl; Teil 2: Auslegung, Konstruktion und Berechnung
KTA 3401.3	(11/86)	Reaktorsicherheitsbehälter aus Stahl; Teil 3: Herstellung
KTA 3401.4	(6/91)	Reaktorsicherheitsbehälter aus Stahl ; Teil 4: Wiederkehrende Prüfungen
KTA 3601	(6/90)	Lüftungstechnische Anlagen in Kernkraftwerken
DIN 1626	(10/84)	Geschweißte kreisförmige Rohre aus unlegierten Stählen für besondere Anforderungen; Technische Lieferbedingungen
DIN 1630	(10/84)	Nahtlose kreisförmige Rohre aus unlegierten Stählen für besonders hohe Anforderungen ; Technische Lieferbedingungen
DIN 1910 Teil 1	(7/83)	Schweißen; Begriffe, Einteilung der Schweißverfahren
DIN 2310 Teil 2	(11/87)	Thermisches Schneiden ; Ermitteln der Güte von Schnittflächen
DIN 2462 Teil 1	(3/81)	Nahtlose Rohre aus nichtrostenden Stählen; Maße, längenbezogene Massen
DIN 2463 Teil 1	(3/81)	Geschweißte Rohre aus austenitischen nichtrostenden Stählen; Maße, längenbezogene Massen
DIN 7168 Teil 1	(5/81)	Allgemeintoleranzen; Längen- und Winkelmaße
DIN 7168 Teil 2	(7/86)	Allgemeintoleranzen; Form und Lage
DIN 8563 Teil 3	(10/85)	Sicherung der Güte von Schweißarbeiten; Schmelzschweißverbindungen am Stahl (ausgenommen Stahlschweißen); Anforderungen, Bewertungsgruppen
DIN 17 175	(5/79)	Nahtlose Rohre aus warmfesten Stählen ; Technische Lieferbedingungen
DIN 17 177	(5/79)	Elektrisch preßgeschweißte Rohre aus warmfesten Stählen; Technische Lieferbedingungen

DIN 17 441	(7/85)	Nichtrostende Stähle; Technische Lieferbedingungen für kaltgewalzte Bänder und Spaltbänder sowie daraus geschnittene Bleche
DIN 25 410	(10/87)	Kernteknische Anlagen ; Oberflächensauberkeit von Bauteilen
DIN 50 049	(8/86)	Bescheinigungen über Materialprüfungen
DIN 50 101 Teil 1	(9/79)	Prüfung metallischer Werkstoffe; Tiefungsversuch an Blechen und Bändern mit einer Breite von ≥ 90 mm (nach Erichsen), Dickenbereich: über 0,2 mm bis 2 mm
DIN 50 101 Teil 2	(9/79)	Prüfung metallischer Werkstoffe; Tiefungsversuch an Blechen und Bändern mit einer Breite von ≥ 90 mm (nach Erichsen), Dickenbereich: über 2 mm bis 3 mm
DIN 50 120	(E 2/88)	Prüfung von Stahl; Zugversuch an Schweißverbindungen; Schmelzgeschweißte und preßgeschweißte Stumpfnähte
DIN 50 121	(E 4/89)	Prüfung metallischer Werkstoffe; Technologischer Biegeversuch an Schweißverbindungen und Schweißplattierungen
DIN 50125	(3/86)	Prüfung metallischer Werkstoffe; Zugproben
DIN 50 145	(5/75)	Prüfung metallischer Werkstoffe ; Zugversuch
DIN 50 914	(6/84)	Prüfung nichtrostender Stähle auf Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion ; Kupfersulfat-Schwefelsäure- Verfahren ; Strauß-Test
DIN 54 109 Teil 3	(E7/89)	Zerstörungsfreie Prüfung ; Bildgüte von Durchstrahlungsaufnahmen; Bildgüteklassen für Eisenwerkstoffe
DIN 54 111 Teil 1	(5/88)	Zerstörungsfreie Prüfung; Prüfung metallischer Werkstoffe mit Röntgen- und Gammastrahlen ; Aufnahme von Durchstrahlungsbildern von Schmelzschweißverbindungen
AD B 13	(6/86)	Einwandige Balgkompensatoren
AD HP 0	(7/89)	Allgemeine Grundsätze für Auslegung, Herstellung und erstmalige Prüfung
AD HP 2/1	(7/89)	Verfahrensprüfung für Fügeverfahren; Verfahrensprüfung für Schweißverbindungen
AD HP 5/1	(7/89)	Herstellung und Prüfung der Verbindungen ; Arbeitstechnische Grundsätze
AD HP 5/2	(7/89)	Herstellung und Prüfung der Verbindungen; Arbeitsprüfungen an Schweißnähten; Prüfung des Grundwerkstoffes nach Wärmebehandlung und nach dem Schweißen
AD HP 5/3	(7/89)	Herstellung und Prüfung der Verbindungen; Zerstörungsfreie Prüfung der Schweißnähte
AD HP 7/1	(7/89)	Wärmebehandlung ; Allgemeine Grundsätze
AD HP 7/2	(7/89)	Wärmebehandlung; Ferritische Stähle
AD HP 7/3	(7/89)	Wärmebehandlung ; Austenitische Stähle
AD HP 8/2	(7/89)	Prüfung von Schüssen aus Stahl
AD W 0	(6/86)	Allgemeine Grundsätze für Werkstoffe
AD W 2	(1/90)	Austenitische Stähle
AD W 12	(8/88)	Nahtlose Hohlkörper aus unlegierten und legierten Stählen für Druckbehältermäntel
AD W 13	(11/87)	Schmiedestücke und gewalzte Teile aus unlegierten und legierten Stählen
SEL 072	(12/77)	Ultraschallgeprüftes Grobblech; Technische Lieferbedingungen
SEL 096	(3/88)	Flacherzeugnisse aus Stahl sowie Formstahl und Stabstahl mit profillförmigem Querschnitt mit verbesserten Verformungseigenschaften senkrecht zur Erzeugnisoberfläche ; Technische Lieferbedingungen
SEP 1915	(12/89)	Ultraschallprüfung von Stahlrohren auf Längsfehler
SEP 1916	(12/89)	Zerstörungsfreie Prüfung schmelzgeschweißter ferritischer Stahlrohre
SEP 1917	(10/80)	Zerstörungsfreie Prüfung elektrisch-preßgeschweißter Rohre aus ferritischen Stählen
VdTÜV MB 1153	(11/88)	Richtlinien für die Eignungsprüfung von Schweißzusätzen

Stichwortverzeichnis

- Abnahmeprüfung Tab. 7-1
 Anforderungsstufe 2 (1); 3; Tab. 4-1; 7
 Anschlußteile 2 (2); A 4.2; A 5.4
 Anschweißung A 4.3.3
 Arbeitsdruck 2 (3)
 Arbeitsprüfung 7 (2); A 7.4; B 4.5
 Arbeitstemperatur 2 (4)
 Ausführungsform A 4.2.1; Bild A 4-1
 Auslegung 4
 - von Balgkompensatoren A 3
- Balg 2 (5); A 2.1
 - , einlagiger A 4.1 (1); A 5.2
 - , kaltgerollter A 4.1 (3)
 - , mehrlagiger A 4.1 (1); A 5.3
 - , viellagiger (mehr als 5 Lagen) A 4.1 (2)
- Balgkompensator 2 (6); Anhang A
 Bauart 5.3; Bild 5-5
 Bauprüfung A 8.1; B 4.10
 Bauteile von Rohrdurchführungen 2 (7); A 5.4
 Beanspruchungsstufe 6; Tab. 6-1
 Beanspruchungstemperatur 3; 6.2; 7 (2)
 Belastung 6; Tab. 6-1; A 3 (1)
 Berechnung 6
 - von Balgkompensatoren A 5
- Besichtigung A 8.4
 Bruchannahmen 4.2
- Dämmung 9.1 (2)
 Dekontaminierbarkeit 5.5
 Dichtheitsprüfung 5.1 (3); 5.4 (2); 9.2.2; A 8.7
 Dokumentation 5.1; 10; A7.5 (3); B 3; B 4.4.4; B 4.5.4; Tab. B 3-1
 Druckprüfung 9.2.2; A 8.6
 Durchführungsabschnitt 2 (8)
 Durchstrahlungsprüfung A 8.2
- Einstufung 4.3; Tab. 4-1
 Einzelteilgruppen 2 (9)
 Ermüdungsanalyse A 3 (1)
 Explosionsdruckwelle 4.1 (3)
- Festpunkt 5.1 (5); A 5.1 (1)
- Integritätsnachweis 4.1 (3)
- Herstellung Tab. 7-1
 - von Balgkompensatoren A 2; A 7
 - von Bauteilen B 4
- Kantenversatz A 4.3.4
 Kehlnaht A 4.1 (4); A 4.3.3
 Kennzeichnung A 7.6; B 4.8
 Klammernaht 2 (10)
 Konstruktion 5; Bild 6-2
 - von Balgkompensatoren A 4
- Korrosionsschutz A 4.3.2
- Lagerung 8.2
- Leckratenprüfung 9.2.2
- Maßprüfung A 8.4
 Mediumführendes Rohr 2 (11)
 Montage 9
- Oberflächenrißprüfung A 8.3
 Oberflächenzustand A 7.7
- Primärspannung Bild 6-2; 7 (2)
 Prüfung A 8
 - der mechanisch-technologischen Eigenschaften A 7.3; A 8.5; B 4.4.3
 - nach der Montage 9.2
 - , wiederkehrende 5.4; 11
- Räumliche Anordnung 5.2
 Rohrabzweigung 5.2 (2)
 Rohrdurchführung 2 (12); 4.3
- Sachverständiger 5.1; 9.2.1; A 4.1 (2); A 6; A 7.3; A 7.6
 Schweißen B 4.2
 Schweißnahtvorbereitung B 4.2.1
 Sicherheitseinschluß 2 (14)
 Sicherheitstechnische Anforderungen an die Auslegung 4.1
 Spannungsarmglühen B 4.7.3
 Stützkonstruktion
 - , integrale 2 (13) a; 7
 - , nichtintegrale 2 (13) b; 5.6; 6.3; 7
- Stützring A 4.1 (4)
- Toleranzen A 4.2.2; B 4.2.1.2; B 4.9
 Transport 8.1
- Überlagerung von Belastungen Tab. 6-1
 Umformen A 7.5; B 4.6
- Verfahrensprüfung 7 (2); A 7.3; A 7.5.1; B 4.4
 Verfahrensschritt 5.3
 Vorprüfung Tab. 7-1
 - von Balgkompensatoren A 6
- Wärmebehandlung
 - nach dem Schweißen B 4.7.2
 - nach dem Umformen A 7.5.2
- Werkstoffauswahl 3; A 2.1.1; Tab. B 2-1
 Werkstoffe 3
 - für Balgkompensatoren A 2
 - für Bauteile und Schweißnähte B 2; Tab. B 2-1
- Wiederkehrende Prüfung 5.4; 11
- Zerstörungsfreie Prüfung
 - an Schweißverbindungen 5.4; B 4.11; Tab. B 4-1
 - von Erzeugnisformen Tab. B 2-2
 - von Balgkompensatoren A 8
- Zulässiger Betriebsüberdruck 2 (15)
 Zulässige Temperatur 5.1 (2)