

Inhalt

1. Begriff

2. Metallschweißverfahren und Metallschweißprozesse

2.1 Metallschweißverfahren und Energieträger

2.2 Metallschweißprozesse

2.3 Allgemeintoleranzen

2.4 Unregelmäßigkeiten und deren Bewertung in Schmelz-Schweißungen

2.4.1 Unregelmäßigkeiten

2.4.2 Bewertungsgruppen

3. Darstellung in Zeichnungen

3.1 Allgemeines

3.2 Bildliche Darstellung

3.3 Symbolische Darstellung

3.3.1 Inhalt der Darstellung

3.3.2 Lage der Symbole

3.4 Nahtarten, Symbole, Fugenformen

4. Richtlinien für Vakuumbehälter und -bauteile

4.1 Allgemeines

4.2 Schweißtechnische Richtlinien

4.2.1 Kreuz- und Mehrfachstöße

4.2.2 Abstand

4.2.3 Tragende Hauptnähte

4.2.4 Einschweißen von Stützen

4.2.5 Zusammenschweißen von Schüssen

4.3 Schweißverbindungsbeispiele

4.3.1 Blech- bzw. Rohrverbindungen

4.3.2 Stutzenverbindungen

4.3.3 Flanschverbindungen

4.3.4 Mantel- und Doppelmantelverbindungen

4.3.5 Verbindungen zwischen Boden und Behältermantel

4.3.6 Prutzen- und Fußverbindungen

4.3.7 Schweißen von Teilen aus CrNi-Stahl

4.3.8 Schweißen von Aluminium-Blechen und -Rohren

4.4 Anwendung der Schweißverbindungsbeispiele im Behälterbau

4.4.1 Schweißverbindungsbeispiele an einwandigen Behältern

4.4.2 Schweißverbindungsbeispiele an doppelwandigen Behältern

5. Werkstoffe in der Vakuumtechnik

6. Berechnung der Schweißverbindungen

7. AD-Merkblätter

1. Begriff

Metallschweißen (nach DIN EN 14610 und DIN 1910-100, Ergänzungen)

Vorgang, der Metall(e) unter Aufwand von Wärme und/oder Druck derart verbindet, dass sich ein kontinuierlicher innerer Aufbau des verbundenen Metalls bzw. der verbundenen Metalle ergibt.

Anmerkung 1: Schweißzusatz, dessen Schmelztemperatur von gleicher Größenordnung ist, wie die der (des) verbundenen Grundwerkstoffe(s), kann zugeführt werden. Das Ergebnis des Schweißens ist die Schweißnaht.

Anmerkung 2: Diese Definition schließt Beschichten ein.

2. Metallschweißverfahren und Metallschweißprozesse

2.1 Metallschweißverfahren und Energieträger (nach DIN EN 14610)

Metallschweißverfahren:

- Pressschweißen
- Schmelzschweißen
- Auftragsschweißen
- Verbindungsschweißen

Energieträger:

Physikalisches Phänomen, das die zum Schweißen erforderliche Energie entweder durch Übertragen auf das (die) Werkstück(e) oder durch Umsetzen im (in den) Werkstück(en) verfügbar macht.

Energieträger:

- 1 Fester Körper
- 2 Flüssigkeit
- 3 Gas
- 4 Elektrische Gasentladung
- 5 Strahlung
- 6 Bewegung von Masse
- 7 Elektrischer Strom
- 8 Unbestimmt

2.2 Metallschweißprozesse

Es werden nur die für BLOA gebräuchlichen Schweißverfahren für Angaben in Zeichnungen (nach DIN EN 14610 und DIN EN ISO 4063) angeführt. Es wird im Weiteren nur das Schmelzschweißen behandelt.

	Kennzahl DIN EN ISO 4063
Gasschmelzschweißen	3
Lichtbogenschmelzschweißen	1
Lichtbogenhandschweißen	111
Wolfram-Inertgasschweißen (WIG-Schweißen)	141
Metall-Inertgasschweißen (MIG-Schweißen)	131
Metall-Aktivgasschweißen (MAG-Schweißen)	135

2.3 Allgemeintoleranzen für Schweißkonstruktionen

Die Toleranzen sind in der BLOA-Werknorm LHH-N 091.109 festgelegt.

2.4 Unregelmäßigkeiten und deren Bewertung in Schmelz-Schweißungen an Metallen

2.4.1 Unregelmäßigkeiten (nach DIN EN ISO 6520-1)

Die Einteilung erfolgt in 6 Gruppen.

- 1 Risse : Mikroriss, Längsriss, Querriss, sternförmiger Riss, Endkraterriss, Rissanhäufung, verästelter Riss
- 2 Hohlräume : Pore, Porosität, Porenneß, Porenzeile, Gaskanal, Schlauchpore, Oberflächenpore, Makrolunker, Mikrolunker, Endkraterlunker
- 3 Feste Einschlüsse : Schlackeneinschluss, Flussmitteleinschluss, Oxideinschluss, Oxidhaut, Fremdmalleinschluss
- 4 Bindefehler und ungenügende Durchschweißung
- 5 Form- und Maßabweichungen : Kerbe, Wurzelkerbe, zu große Naht- und Wurzelüberhöhung, schroffer Nahtübergang, Schweißgutüberlauf, Kantenversatz, Winkelversatz, verlaufenes Schweißgut, Durchbrand, Decklagenunterwölbung, übermäßige Ungleichschenkligkeit, unregelmäßige Nahtzeichnung, Wurzelrückfall, Wurzelporosität, Ansatzfehler
- 6 Sonstige Unregelmäßigkeiten : Zündstelle, Schweißspritzer, Wolframspritzer, Ausbrechung, Schleifkerbe, Meißelkerbe, Unterschleifung

In der oben genannten Norm sind die genannten Unregelmäßigkeiten durch Ordnungsnummern festgelegt und z.T. dargestellt.

Normung	Bearbeitet: Roese	Ausgabe				
	Geprüft: Meßenzahl	Okt. 13				090.011.docx

2.4.2 Bewertungsgruppen (nach DIN EN ISO 5817)

Die Bewertung der oben genannten Unregelmäßigkeiten kann in drei Bewertungsgruppen erfolgen:

D = niedrig, C = mittel, B = hoch

Die Grenzwerte dafür sind in der Norm DIN EN ISO 5817 festgelegt. Sie gelten für Stumpf- **und** Kehlnähte.

Für BLOA werden die Gruppen **C** oder **B** vorgeschrieben, wobei die Auswahl nach wirtschaftlichen und funktionellen Gegebenheiten getroffen werden muss.

Die Angabe erfolgt in der Zeichnung im vorgedruckten Zeichnungskopf durch Streichen der jeweils nicht zutreffenden Gruppe.

3. Darstellung in Zeichnungen (nach DIN EN 22553)

3.1 Allgemeines

Die Nähte sollen entsprechend den allgemeinen Regeln für technische Zeichnungen angegeben werden (**bildliche** Darstellung). In manchen Fällen ist es jedoch ratsam, die **symbolische** Darstellung entsprechend Pkt. 3.4 anzuwenden. Hierfür gelten dann die Zeichnungsangaben gemäß DIN EN 22553. Diese können aber auch zusätzlich zur bildlichen Darstellung verwendet werden, wenn ergänzende Angaben zu machen sind.

3.2 Bildliche Darstellung

Die Fugenform und die Bemaßung gehen aus Pkt. 3.4 dieser Norm hervor.

Die Schweißnahtschnitte sind in der Zeichnung schwarz anzulegen.

3.3 Symbolische Darstellung

3.3.1 Die symbolische Darstellung beinhaltet

- ein Grundsymbol (siehe Pkt. 3.4 Spalte Symbol)
- Zusatz- und Ergänzungssymbole (siehe DIN EN 22553 Pkt. 4.3), Oberflächenform und Ausführungsart der Naht, Verlauf der Naht, Baustellennaht
- Angabe der Maße (siehe DIN EN 22553 Pkt. 6)
- ergänzende Angaben (siehe DIN EN 22553 Pkt. 7.3 und 7.4)
Art des Schweißverfahrens (DIN EN ISO 4063), Bewertungsgruppe (siehe Pkt. 2.4.2)

Schweißposition (siehe DIN EN 22553), Zusatzstoffe (DIN EN ISO 18273, DIN EN ISO 2560, DIN EN ISO 3581)

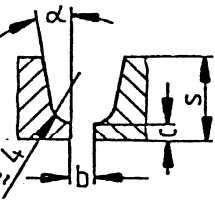
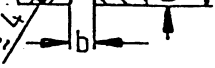
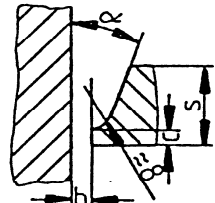
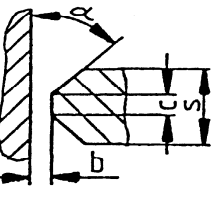
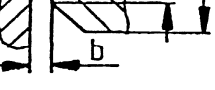
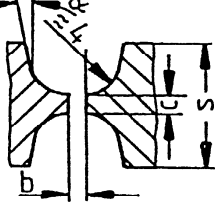
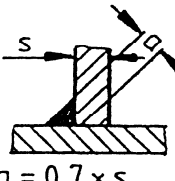
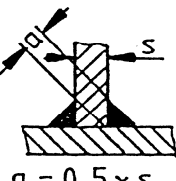
3.3.2 Lage der Symbole in Zeichnungen

Hierzu sind die Angaben gemäß DIN EN 22553 Pkt. 5 zu beachten.

3.4 Nahtarten, Symbole, Fugenformen nach DIN EN ISO 9692-1

Nahtart Symbol Schnitt (bildl.)	Werkstück- dicke s mm	* Ausfg.- art	Schweiß- verfahren	Fugenform	α Grad	b mm	c mm	Bemerkung
I-Naht 	bis 3	eins. beids.	Lichtbogen			$\frac{s}{2}$		Nur in w-Position
	bis 3	eins. beids.	Schutzgas (WIG) (MIG) (MAG)			0 b. $\frac{s}{2}$		
V-Naht 	3 bis 8 4 bis 8	eins. beids.	Lichtbogen		60	3	1,5	Wurzel aus- arbeiten, Kapplage schweißen
	3 bis 8 4 bis 8	eins. beids.	Schutzgas			2		
HV-Naht 	3 bis 8 5 bis 8	eins. beids.	Lichtbogen		50	3	1,5	
	6 bis 20	eins.	Schutzgas		55	3	1,5	
Unsymetr. Doppel- V-Naht 	8 bis 16	beids.	Lichtbogen		60	3	2	Wurzel aus- arbeiten, Kapplage schweißen
	8 bis 16	beids.	Schutzgas					
Doppel- V-Naht (X-Naht) 	12 bis 35	beids.	Lichtbogen		60	3	2	Wurzel aus- arbeiten
	12 bis 35	beids.	Schutzgas					

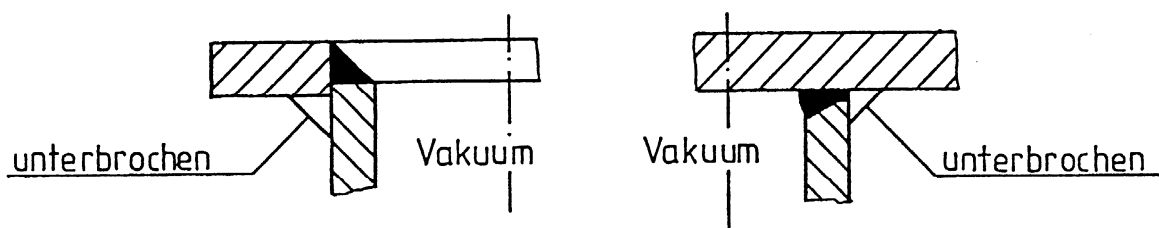
* Wenn zugänglich, beidseitige Ausführungsart vorziehen

Nahtart Symbol Schnitt (bildl.)	Werkstück- dicke s mm	Ausfg.- art	Schweiß- verfahren	Fugenform	α Grad	b mm	c mm	Bemerkung
U-Naht 	16 bis 35	eins.	Lichtbogen		10	3	2	
	16 bis 35	eins.	Schutzgas		10	3	2	
HU-Naht (Jot-Naht) 	16 bis 35	eins.	Lichtbogen		20	3	2	
	16 bis 35	eins.	Schutzgas		20	3	2	
Doppel- HV-Naht (K-Naht) 	8 bis 35	beids.	Lichtbogen		50	3	2	Wurzel aus- arbeiten
	8 bis 35	beids.	Schutzgas		55	3	2	
Doppel- U-Naht 	≥ 35	beids.	Lichtbogen		10	3	2	Wurzel aus- arbeiten
	≥ 35	beids.	Schutzgas		10	3	2	
Kehlnaht 				 $a = 0,7 \times s$	 $a = 0,5 \times s$ $s \min \geq 6$			a min. = 3 a max. = 8

4. Richtlinien für Vakuumbehälter und -bauteile

4.1 Allgemeines

Wichtigster Punkt beim Schweißen von Vakuumbehältern und -bauteilen ist das Vermeiden von Gas- und Schmutz-Einschlüssen an den Verbindungsstellen. Aus diesem Grund sollen die zur Vakuumseite gelegenen Nähte durchlaufend sein und Doppelnähte (wegen des Gaseinschlusses) vermieden werden. Lassen sich aus konstruktions- und festigkeitsbedingten Gründen Doppelnähte nicht umgehen, so ist die äußere Naht mehrfach zu unterbrechen.



Bei der konstruktiven Festlegung der Schweißnähte ist auch daran zu denken, dass die Schweißnähte mittels Lecksuchgeräten auf Vakuumdichtheit überprüft werden müssen. Auch aus diesem Grunde sind Doppelnähte zu vermeiden und die äußere Schweißnaht zu unterbrechen und nicht zu lang auszuführen, damit mögliche Lecks in der vakuumseitigen Naht schnell und sicher lokalisiert werden können.

4.2 Schweißtechnische Richtlinien

4.2.1 Kreuz- und Mehrfachstöße sind nicht zulässig.

4.2.2 Der Abstand zwischen zwei tragenden Nähten soll nach Möglichkeit 4 x die Blechdicke nicht unterschreiten.

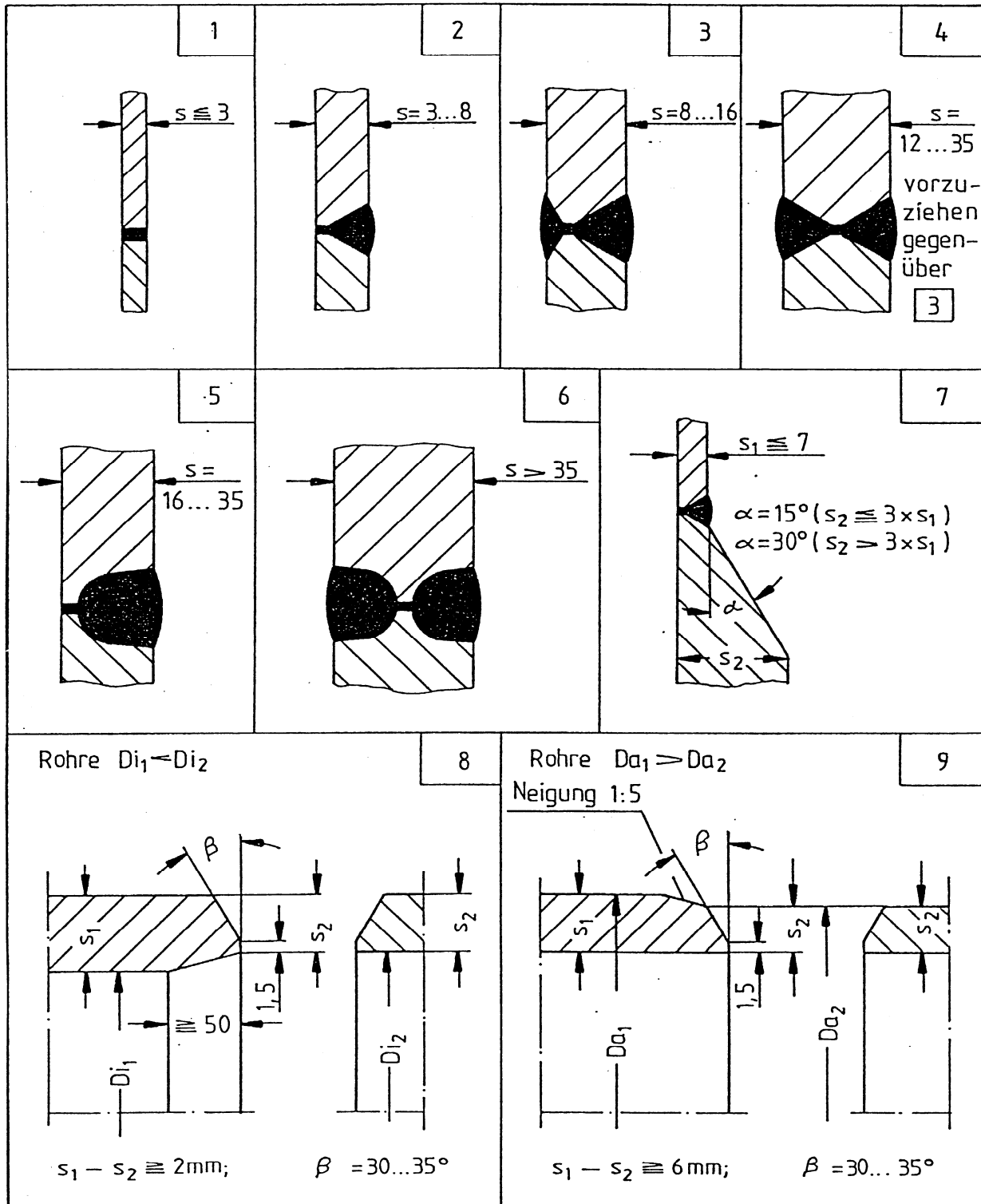
4.2.3 Tragende Hauptnähte (z.B. Rund- und Längsnähte an Behältern) dürfen nur in Ausnahmefällen durch angeschweißte Teile verdeckt werden. Dabei ist die tragende Naht vor dem Anschweißen des Teils auf Fehlerfreiheit zu prüfen, oder das Teil ist so zu gestalten, dass eine Prüfung möglich ist (z.B. Aussparung).

4.2.4 Das Einschweißen von Stutzen in Rund- oder Längsnähte ist zu vermeiden.

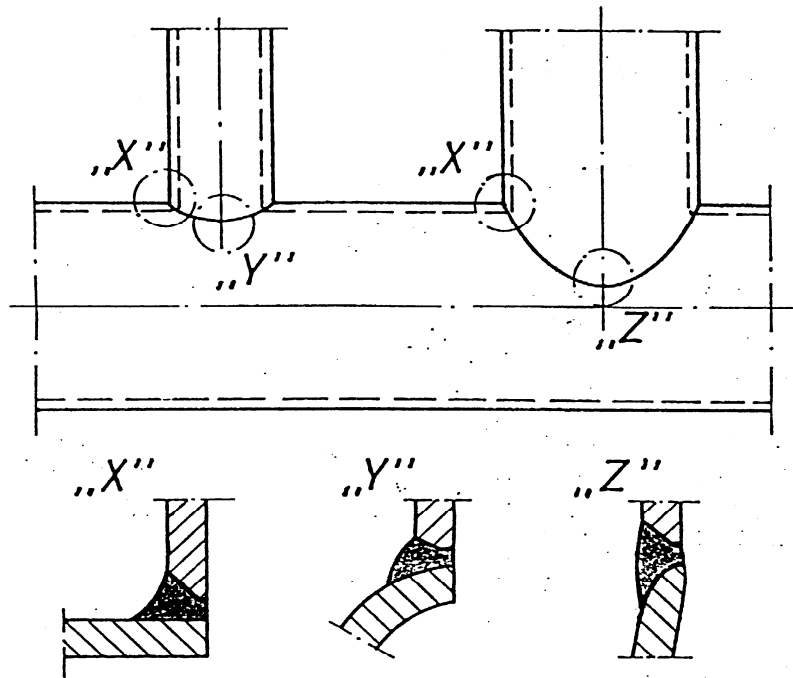
4.2.5 Beim Zusammenschweißen von Schüssen sind die Längsnähte möglichst um 180° versetzt anzuordnen.

4.3 Schweißverbindungsbeispiele

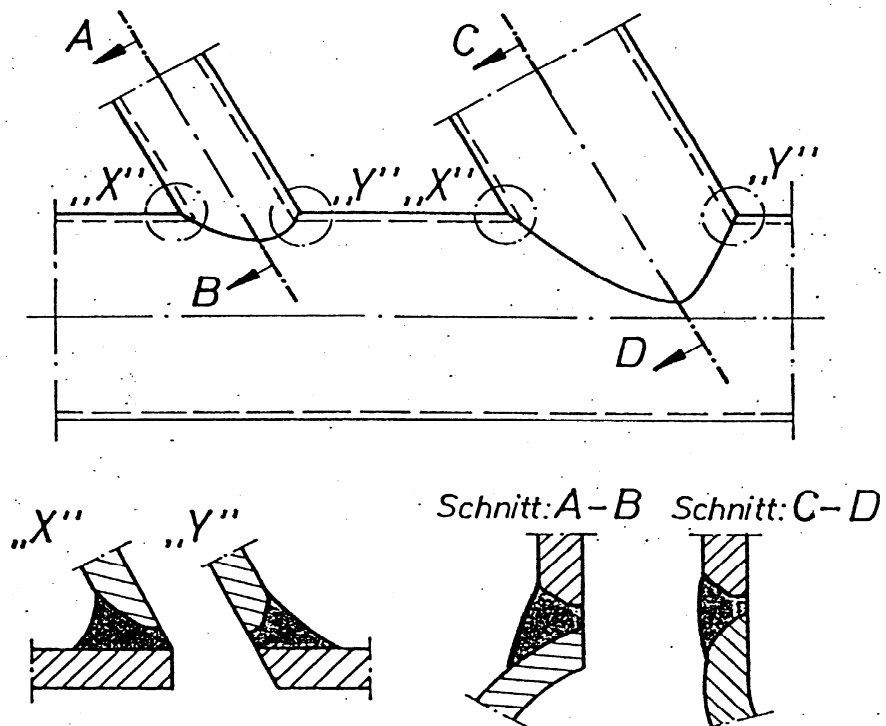
4.3.1 Blech- bzw. Rohrverbindungen (in Abhängigkeit der Blechdicke)



10



11



4.3.2 Stutzenverbindungen

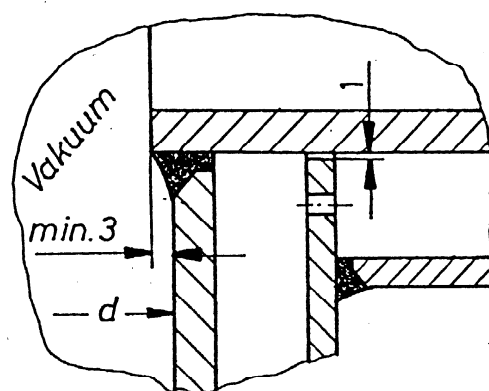
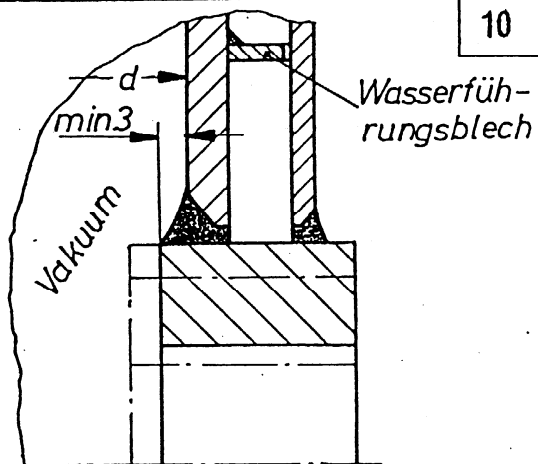
Bei geringer Beanspruchung Kleine Stutzendurchmesser $h \geq s_1$ $s_1 \leq s$	Bei hoher Beanspruchung $s_1 = 3 \dots 8$ $h \geq s_1$ $s_2 = 8 \dots 35$
Tangentialstutzen Bei geringer Beanspruchung $s = 3 \dots 8$	Tangentialstutzen Bei hoher Beanspruchung $s_1 = 3 \dots 8$ $s_1 = 8 \dots 35$: X-Naht, bzw K-Naht

4.3.3 Flanschverbindungen

Bei geringer Beanspruchung $s_2 \geq s_1$ $a = 0,7 \times s_1$ $a \text{ min.} = 3$ $a \text{ max.} = 8$	2 $d \geq 150$ $s_1 \geq 8$
3 $d \geq 150$ $s_1 = 3 \dots 8$ $a = 0,7 \times s_1$ $a \text{ min.} = 3$ $a \text{ max.} = 8$	4 $d \geq 150$ $s_1 = 8 \dots 35$
An Kesseln und Klöpperböden 5 $s_1 = 3 \dots 8$	An Kesseln und Klöpperböden 6 $s_1 = 8 \dots 35$

4.3.4 Mantel- und Doppelmantelverbindungen

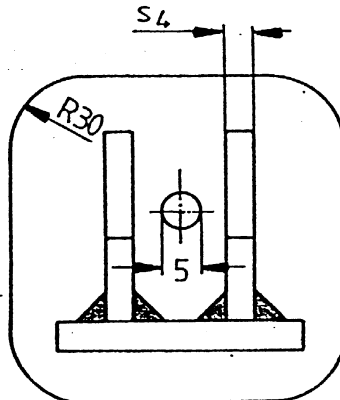
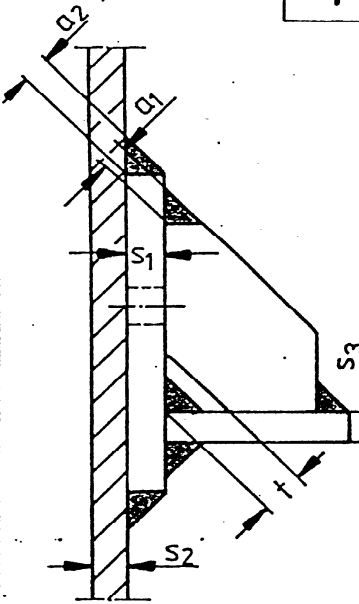
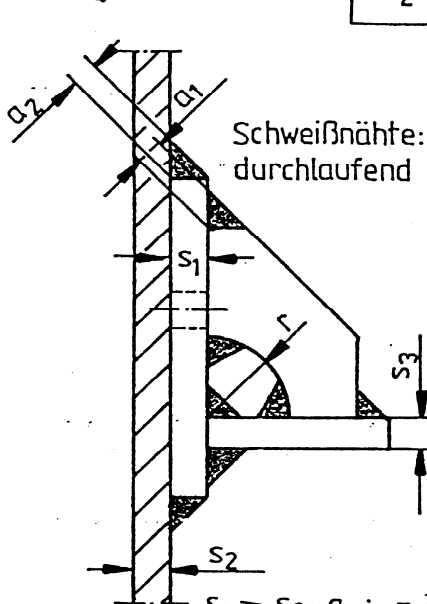
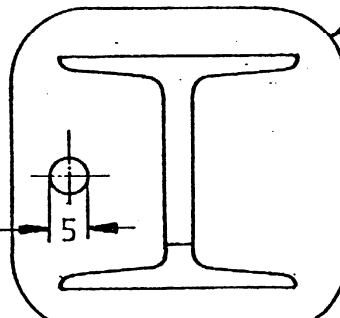
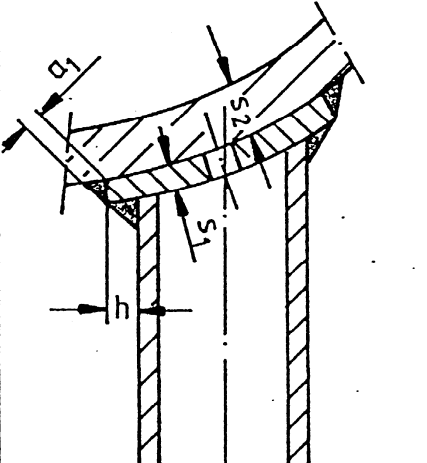
$b = 2$ $\alpha = 45^\circ$ $\beta \geq 45^\circ$	$s_3 \leq 7 \times s_1$ $a = 0,7 \times s_2$, wenn $s_2 < s_1$ $a = 0,7 \times s_1$, wenn $s_1 < s_2$	Doppelmantelstützen
$d \leq 500$ $s_1 = 3 \dots 8$	$d \geq 500$ $s_1 = 3 \dots 8$	$d \geq 500$ $s_1 = 12 \dots 35$; ≥ 35: X-Naht
$d \geq 150$ $d \leq 150$ siehe Bl. 4 S5 Bild 2 $s_1 = 3 \dots 8$ $s_1 = 8 \dots 35$: K-Naht	An Kesseln und Klöpperböden $s_1 = 3 \dots 8$ $s_2 \geq 3$	An Kesseln und Klöpperböden $s_1 = 8 \dots 35$ $s_2 \geq 3$



4.3.5 Verbindungen zwischen Boden und Behältermantel

Bei geringer Beanspruchung $d \geq 500$ s_1 $a = 0,7 \times s_1$	Bei hoher Beanspruchung $d \geq 500$ s_1 $s_1 = 3 \dots 8$	$d \geq 500$ s_1 $s_1 = 8 \dots 35$
Bei geringer Beanspruchung unterbrochen d Vakuum	unterbrochen s_1 d Vakuum $s_1 = 3 \dots 8$ bei $s_1 = 8 \dots 35$: K-Naht	6
7 $d \leq 500$ s_1 Vakuum $s_1 < 3$	8 $d \geq 500$ s_1 Vakuum $s_1 = 3 \dots 8$	9 Vakuum $d \geq 500$ s_1 Vakuum $s_1 = 8(12) \dots 35$

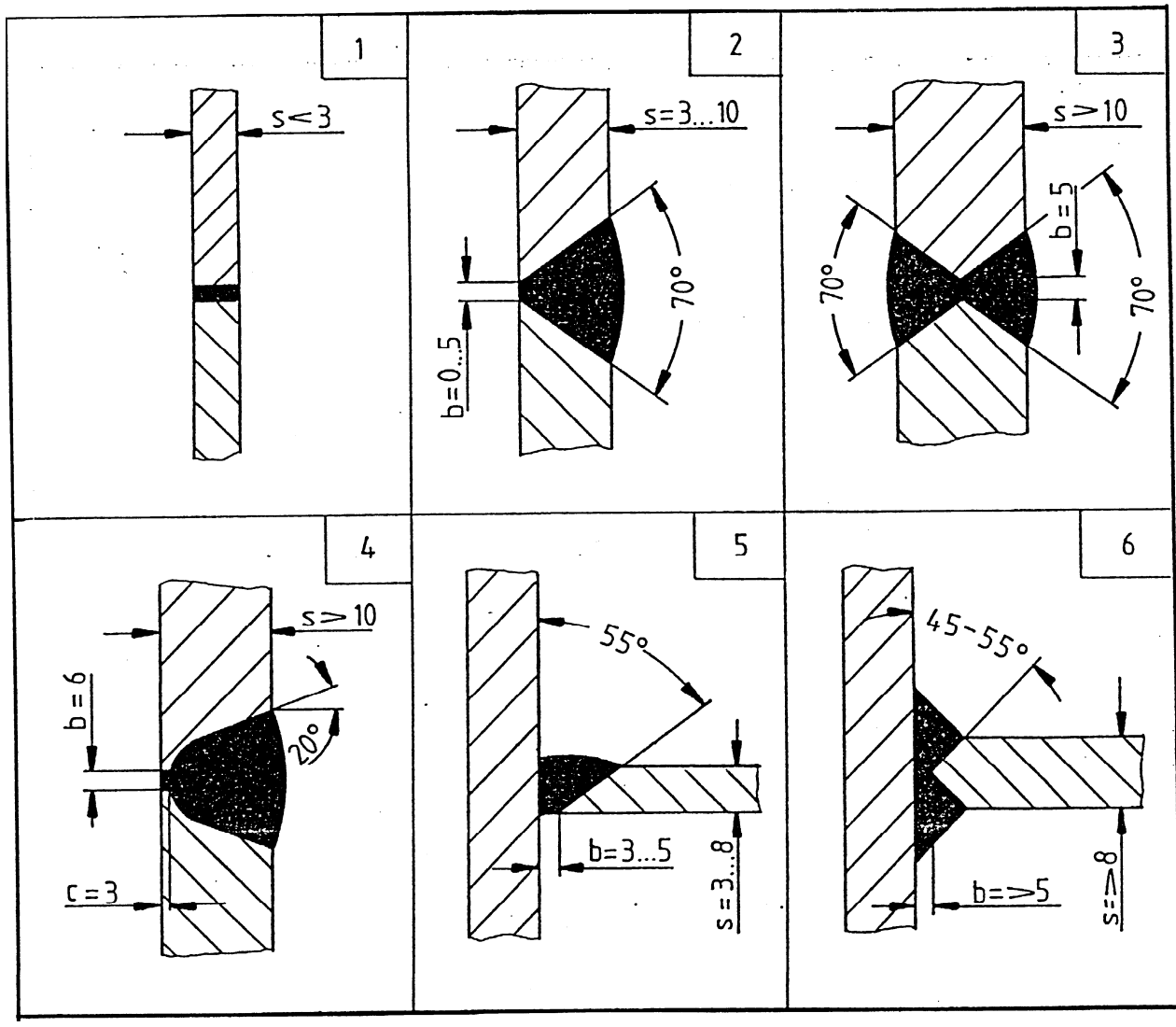
4.3.6 Prätzen- und Fußverbindungen (außerhalb des Vakuums)

Tragpratzen  Schweißnähte: durchlaufend $a_1 = 0,7 \times s_1$ $a_2 = 0,7 \times s_2 \quad s_1 \geq s_2$ $t = 2,5 \times a_1 \quad s_1 \leq s_3$	bei $s_4 < 8 \text{ mm}$ 1  $a_{\min.} = 3$ $a_{\max.} = 8$	bei $s_4 > 8 \text{ mm}$ 2  Schweißnähte: durchlaufend $a_1 = 0,7 \times s_1$ $a_2 = 0,7 \times s_2$ $s_1 \geq s_2; a_{\min.} = 3$ $s_1 \leq s_3; a_{\max.} = 8$ $r_{\min.} = 12; r_{\max.} = 20$
Tragpratzen  Schweißnähte: durchlaufend $a_1 = 0,7 \times s_1$ $a_2 = 0,7 \times s_2 \quad s_1 \geq s_2$ $a_{\min.} = 3$ $a_{\max.} = 8$	Behälterfüße: 4  $a_1 = 0,7 \times s$ $h = a + 10$ $s_1 \leq s_2$ $a_{1 \min.} = 3$ $a_{1 \max.} = 8$	

4.3.7 Schweißen von Teilen aus CrNi-Stahl durch WIG-Schweißung ohne Zusatzwerkstoff

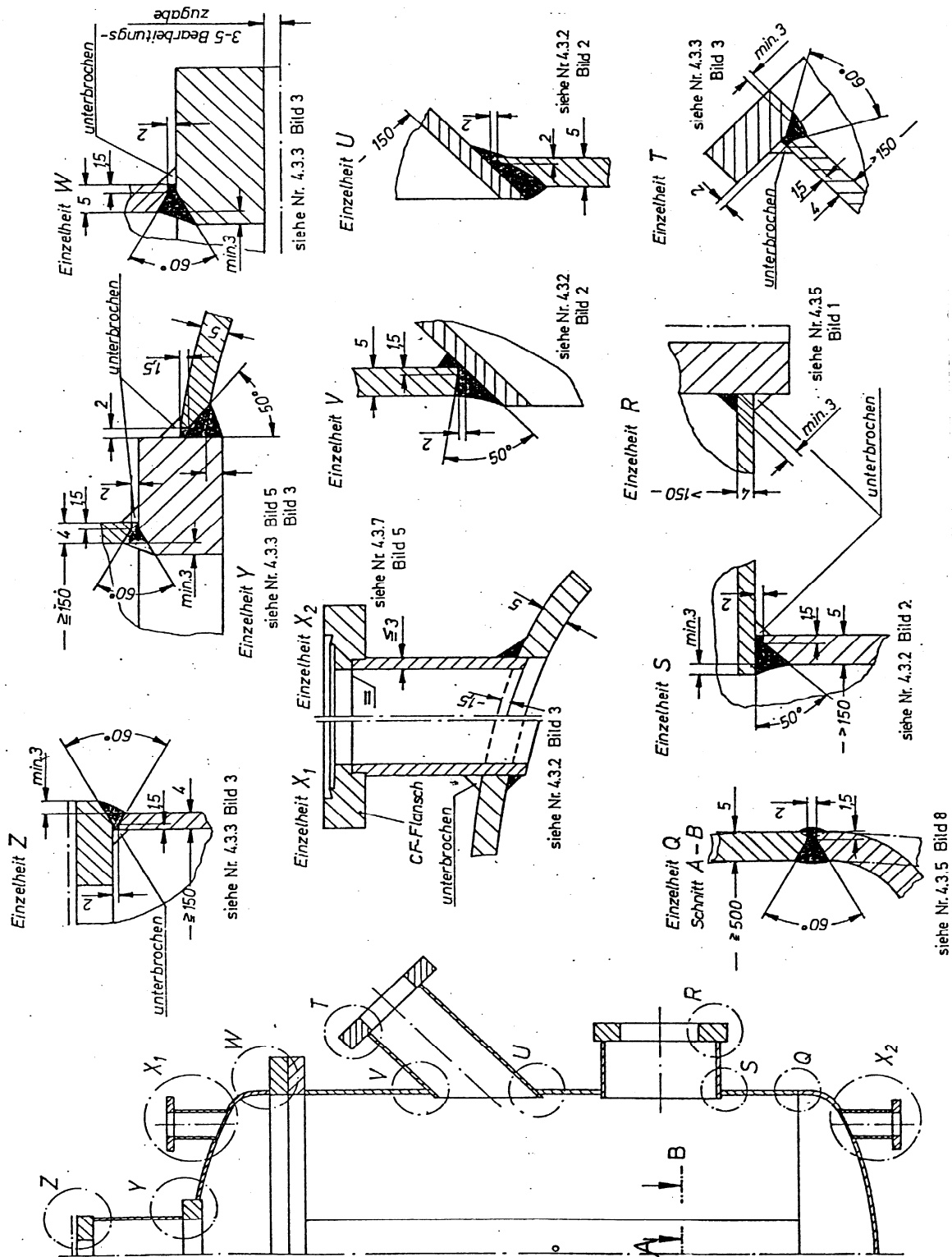
1 $s_1 \cong 3$ $t = 5$ $r = 2,5$	2 $s_1 \cong 3$ $t = 5$ $b = 5$
3 $s_1 \cong 3$ $t = 5$ $r = 2,5$	4 $s_1 \cong 3$
CF-Anschweißflansch mit Rohransatz 5 $\min 0,5$	

4.3.8 Schweißen von Aluminium-Blechen und -Rohren



4.4 Anwendung der Schweißverbindungsbeispiele im Behälterbau

4.4.1 Schweißverbindungsbeispiele an einwandigen Behältern



Normung	Bearbeitet: Roesse	Ausgabe				
	Geprüft: Meßenzehl	Okt. 13				090.011.docx

5. Werkstoffe in der Vakuumtechnik

An Werkstoffe, die in der Vakuumtechnik eingesetzt werden sollen, sind folgende Anforderungen zu stellen:

- weitgehend gasundurchlässig
- geringe Gasabgabe bei Betriebstemperaturen
- ausreichende mechanische Festigkeit
- gute Bearbeitbarkeit

Gezogenes, gewalztes oder gepresstes Material ist vorzuziehen, Gussstücke sind wegen möglichen Vorhandenseins von Lunkern nur bei geringen Ansprüchen oder unter Berücksichtigung besonderer Gießtechniken verwendbar.

Legierungen mehrerer Metalle dürfen nur verwendet werden, wenn sie keine Bestandteile enthalten, die bei der höchsten im Betrieb auftretenden Temperatur einen merklichen Dampfdruck haben.

Wegen der **besseren Schweißbarkeit** sollen Stähle mit **geringem Kohlenstoffgehalt** ($\leq 0,22\%$) verwendet werden. Auch Kesselblech eignet sich. **Der Hauptnachteil normaler Stähle** ist die **Oxydationsempfindlichkeit**. Schon leicht angerostetes Material hat eine wesentlich höhere Gasabgabe als blankes Material.

Nichtrostende Stähle sind in der Regel gut schweißbar. Da sie gut oxydationsbeständig sind und deshalb im Vakuum nur wenig Gas abgeben, eignen sie sich sehr gut für den Einsatz in Vakuumanlagen.

Kupfer wird in Vakuumanlagen hauptsächlich wegen seines guten Leitvermögens für elektrischen Strom und Wärme eingesetzt. Für Vakuumzwecke, besonders im Hinblick auf das Schweißen, verwendet man zweckmäßig sauerstofffreies Kupfer. Kupferlegierungen mit Bestandteilen, die einen hohen Dampfdruck haben, können bei höheren Temperaturen nicht verwendet werden. Kupfer ist oxydationsbeständiger als Kohlenstoffstähle. Insbesondere bei höherer Temperatur bilden sich aber bei Lufteintritt leicht Oxydschichten, wodurch die Gasabgabe im Vakuum in der Regel vergrößert wird.

Aluminium wird hauptsächlich in legierter Form verwendet. Da es stets von einer sehr beständigen Oxydschicht bedeckt ist, hat das Material eine sehr gute Beständigkeit gegen weitere Oxydation. Die Gasabgabe im Vakuum (bei nicht ausgeheizten Flächen) ist aber vielfach um den Faktor 10 größer als bei rostbeständigen Stählen.

Die oben gemachten Angaben können nur allgemeiner Art sein. Die Werkstoffauswahl muss jeweils für den speziellen Anwendungsfall neu getroffen werden.

6. Berechnung der Schweißverbindungen

Die Berechnung der Schweißverbindungen richtet sich nach dem jeweiligen Anwendungsfall und den dadurch bedingten Ausführungsbestimmungen bzw. Berechnungsvorschriften wie z.B. AD-Merkblätter bei Druckbehältern. Zu beachten sind generell der nutzbare Schweißnahtquerschnitt und die nutzbare Schweißnahtlänge.

Die zulässige Nahtspannung ergibt sich aus der zulässigen Spannung des Grundwerkstoffes des jeweiligen zu verschweißenden Werkstückes in Verbindung mit verschiedenen Beiwerten und Sicherheitsfaktoren.

Die Beiwerte und Sicherheitsfaktoren richten sich nach Art des Einsatzgebietes des Bauteiles, nach Art der Beanspruchung (statisch, dynamisch), nach Schweißverfahren, nach Nahtart (Stumpf-, Kehlnaht) und nach Werkstoff. Sie sind den jeweiligen Berechnungsunterlagen zu entnehmen.

7. AD-Merkblätter

Konstruktion, Berechnung, Bestellung der Werkstoffe, Herstellung, Ausrüstung, Prüfung und Betrieb sind bei abnahmepflichtigen* Bauteilen nach den AD-Merkblättern durchzuführen und zwar gelten folgende Blätter:

- Reihe A - Ausrüstung
- Reihe B - Berechnung
- Reihe BP - Betrieb und Prüfung
- Reihe H - Herstellung
- Reihe HP - Herstellung und Prüfung
- Reihe N - Nichtmetallische Werkstoffe
- Reihe W - Werkstoffe

Es ist die jeweils gültige Ausgabe der AD-Merkblätter zu verwenden.

* Abnahmepflicht:

Die Abnahmepflicht ergibt sich aus den jeweils zutreffenden Gesetzen, Vorschriften und Richtlinien, wie z.B.:

- Produktsicherheitsgesetz (ProdSG)
- EG-Maschinenrichtlinie (2006/42/EG)
- EG-Druckgeräte richtlinie (97/23/EG)

Normung	Bearbeitet: Roese	Ausgabe				
	Geprüft: Meßenzehl	Okt. 13				090.011.docx