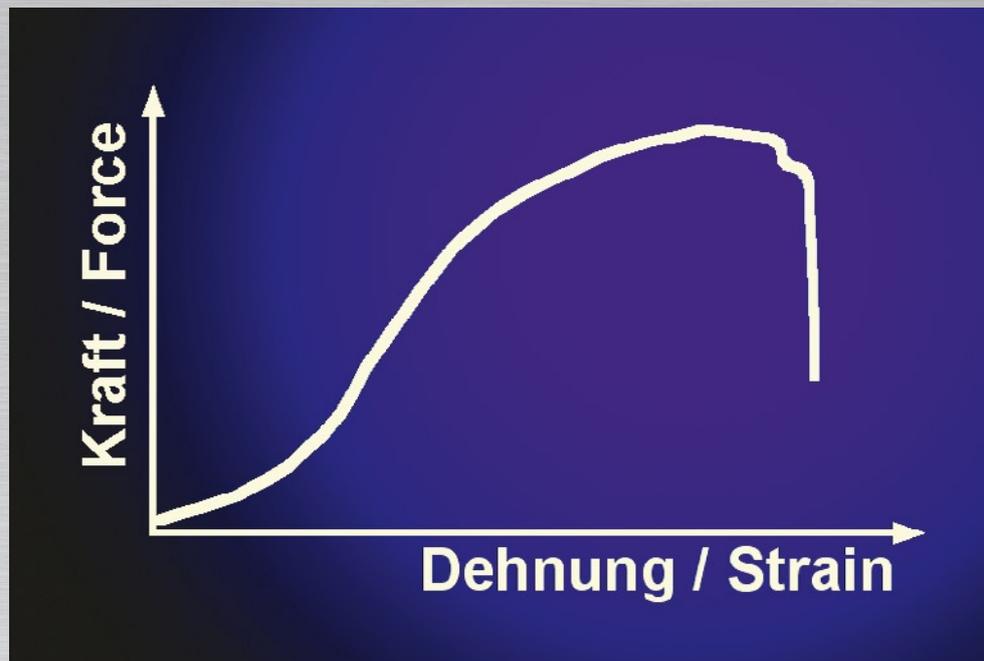


Lötgerechtes Gestalten



Lötgerechtes Gestalten

1. Einleitung

Eine optimale Lötkonstruktion kann nur in enger Zusammenarbeit zwischen Konstruktion und Fertigung erreicht werden.

Reihenfolge der konstruktiven Überlegungen:

Zunächst müssen die Betriebsbeanspruchungen (Belastungsart, -größe und -richtung; Medien, Temperaturen) geklärt werden. Weiterhin müssen der Grundwerkstoff sowie seine eventuelle Wärmebehandlung festgelegt werden. Dann erfolgt die Auswahl des Lotes und des Lötverfahrens. Je nach Lötverfahren müssen die Passungen der Werkstücke ausgewählt werden.

2. Passungen (Spaltbreiten)

0 – 0,1 mm	Vakuumlötungen	Spaltlöten
0 – 0,2 mm	Schutzgaslötungen	Spaltlöten
0,05 – 0,2 mm	Flussmittellötungen, maschinell	Spaltlöten
0,05 – 0,5 mm	Flussmittellötungen, manuell	Spaltlöten
> 0,5	Flussmittellötungen, manuell	Fugnlöten

3. Dimensionieren von Lötstellen

Lötstellen sollen so dimensioniert werden, dass sie so hoch belastet werden können wie der Grundwerkstoff. Die Berechnung der Lötverbindungen erfolgt nach den Regeln der Festigkeitslehre. Setzt man vorwiegend statische Belastung bei Raumtemperatur, Vermeidung grober Lötfehler und lötgeeignete Werkstoffkombinationen voraus, kann in die Berechnung der Lötverbindungen eingesetzt werden:

$$\sigma_B \text{ Hartlötverbindung} \approx 200 \text{ MPa (N/mm}^2\text{)}$$
$$\tau_B \text{ Hartlötverbindung} \approx 100 \text{ MPa (N/mm}^2\text{)}$$

Die Überlappungslänge kann als Faustwert mit dem 3- bis 6fachen der Blechdicke (siehe Bild 1) bzw. nach Nomogramm (siehe Tafel 5) festgelegt werden.

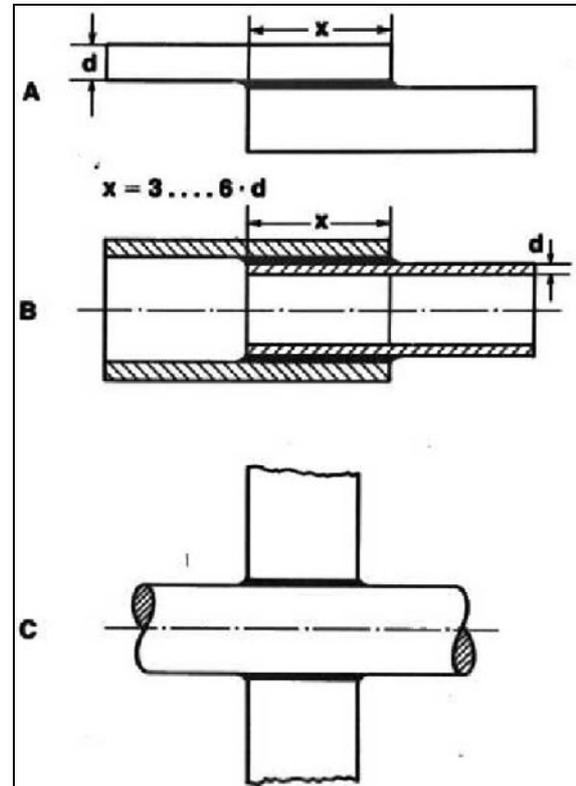


Bild 1: Beispiele überlappter Spalte

Unnötig große Überlappungslängen führen zu vermehrten Fehlstellen und erschweren das „Durchlöten“.

4. Bemessen der Lotmenge

Die erforderliche Lotmenge kann rechnerisch nach dem maximalen Spaltvolumen zuzüglich ca. 15 % pro auszubildende Hohlkehle bestimmt werden. Für zylindrische Lötstellen kann der Drahtdurchmesser des Lotringes anhand des Nomogramms (siehe Bild 2) festgelegt werden.

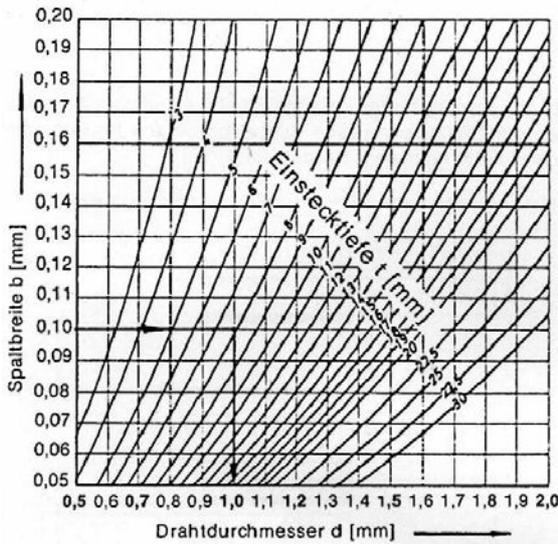


Bild 2: Beziehung zwischen Lötspaltbreite, Einstecktiefe und Lotdrahtdurchmesser für das Löten zylindrischer Lötstellen

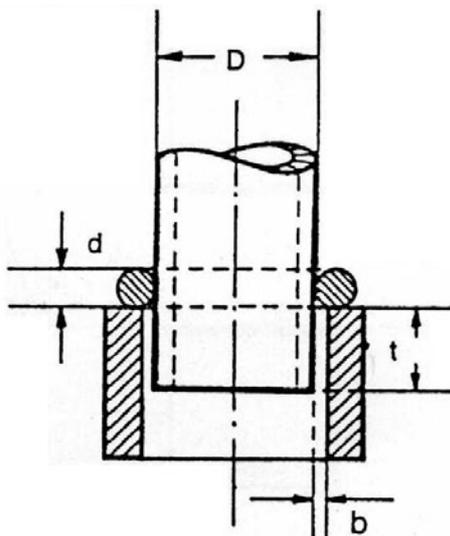


Bild 3: Schematische Darstellung der Anordnung eines Lotdrahtes zum Füllen des Lötspaltes zwischen zylindrischen Teilen

b = Lötspaltbreite
 t = Einstecktiefe
 d = Drahtdurchmesser

- Auf der Ordinate (Senkrechte) die gegebene Lötspaltbreite abtragen
- Von diesem Punkt eine Waagrechte ziehen bis zur Kurve, die die Einstecktiefe t angibt.
- Vom Schnittpunkt die Senkrechte auf die Abszisse (Waagrechte) ziehen, dort den gesuchten Drahtdurchmesser d ablesen.
- Ergeben sich Zwischenwerte, ist der nächstgrößere Drahtdurchmesser zu wählen.

5. Konstruktionsregeln

- Parallelwandige Stoßkanten vorsehen (siehe Bild 4)

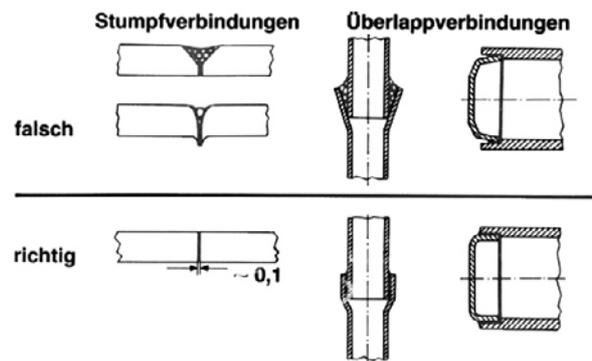


Bild 4: Falsche und richtige Spaltquerschnitte

Lötgerechtes Gestalten

- Lot muss beim Schmelzen Kontakt zum Spalt erhalten. Lotfließweg so kurz wie möglich halten (siehe Bild 5).

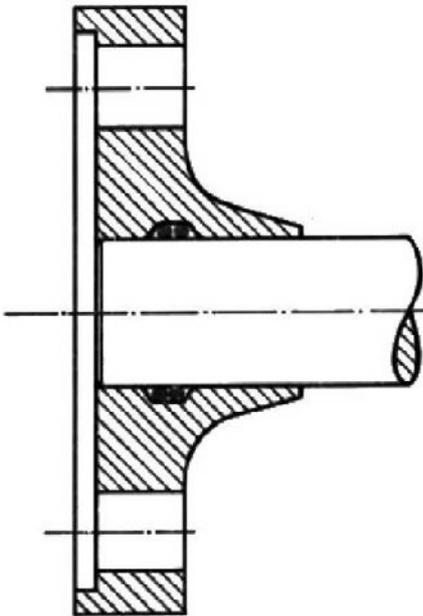


Bild 5: Flächenlötung mit eingelegten Lotringen

- Werkstücke möglichst selbstfixierend gestalten. Beim Löten an normaler Luft darf der Flächenpresssitz nicht angewendet werden, weil im Lötspalt zu wenig Flussmittel vorhanden ist, um die Spaltwände metallisch blank zu halten. Die Selbstfixierung der Teile kann durch einen Dreilinienspresssitz (siehe Bild 6) bzw. durch einen Rändelpresssitz (siehe Bild 7) erreicht werden.

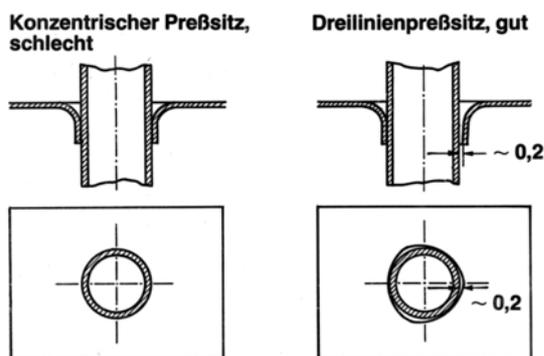


Bild 6: Löten verpresster Teile
A: Flächenpresssitz
B: Linienpresssitz, gut

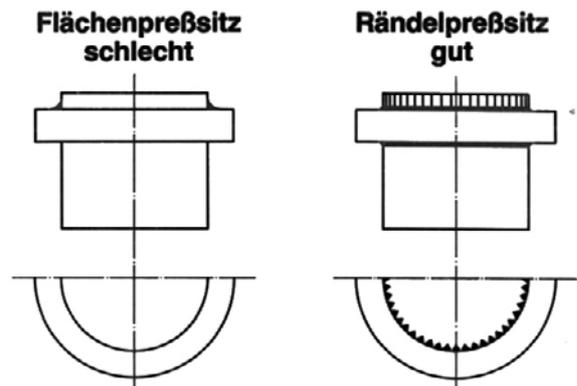


Bild 7: Löten verpresster Teile
A: Flächenpresssitz, schlecht
B: Rändelpresssitz, sehr gut

- Absenken von Nippeln, Bolzen etc. während des Lötvorganges wegen evtl. freiwerdender Eigenspannungen nicht bei Werkstückdurchmesser >30 mm vorsehen (siehe Bild 8).
- Dimensionsänderungen durch Wärmeausdehnung bei der Kombination artverschiedener Werkstoffe dadurch Rechnung tragen, dass die erforderliche Spaltbreite bei Löttemperatur vorliegt.
- Platzwechsel Lot-Flussmittel ermöglichen (siehe Bild 9).

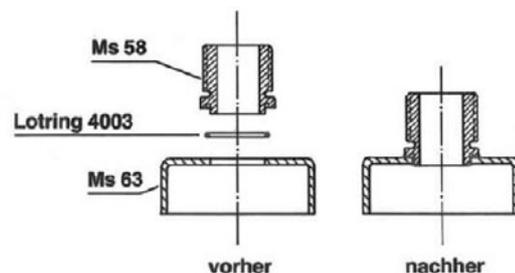


Bild 8: Schraubstutzenlötung

Lötgerechtes Gestalten

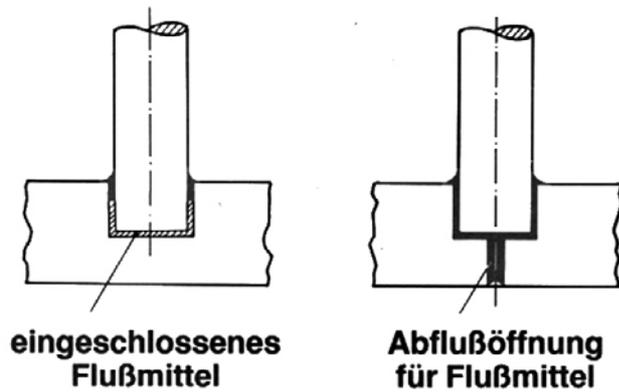


Bild 9: Vermeidung von Flussmitteleinschlüssen

- Sprunghafte Querschnittsänderungen an höherbeanspruchten Lötstellen vermeiden (siehe Bild 10).

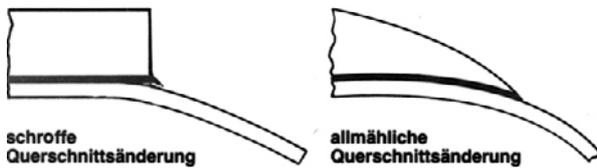


Bild 10: Querschnittsänderungen

Entgratungsfasen klein und flach halten, damit sie mit Lot aufgefüllt werden können (Bild 11)

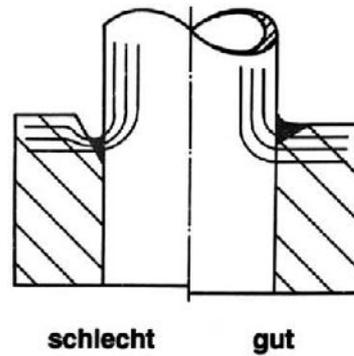


Bild 11: Lötgerechte Gestaltung

Lötgerechtes Gestalten

- Behälter – Stutzen – Lötungen

Problem: Beim örtlichen Erwärmen wird der Stutzen im Durchmesser größer, die Bohrung nicht.

Beim Abkühlen wird der Stutzen kleiner, die Bohrung nicht.

Folge: Hohe Spannungen in der Lötnaht mit Rissgefahr beim Abkühlen

Lösung: Die Behälterwand aushalsen oder Lötstutzen einschweißen.

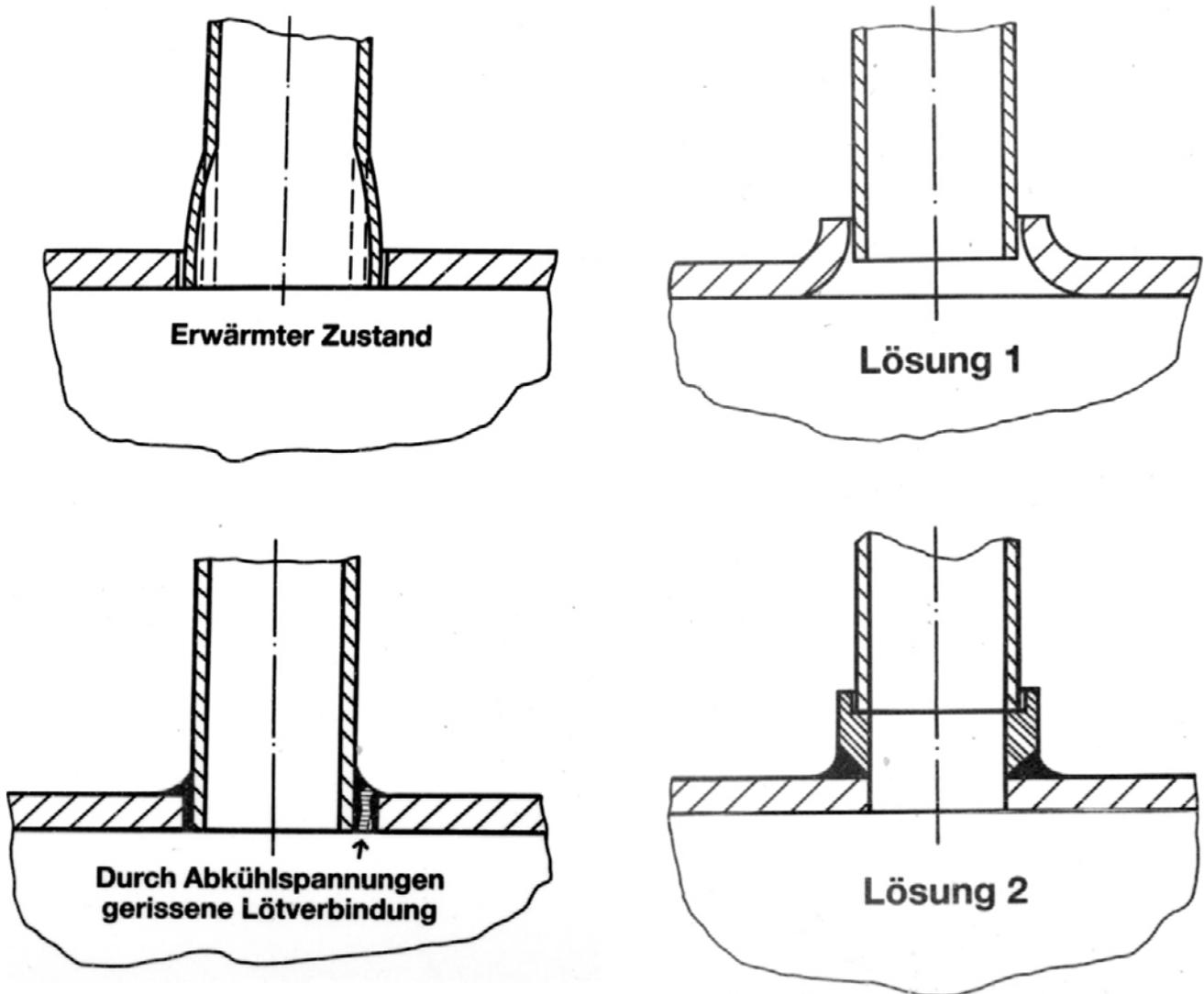


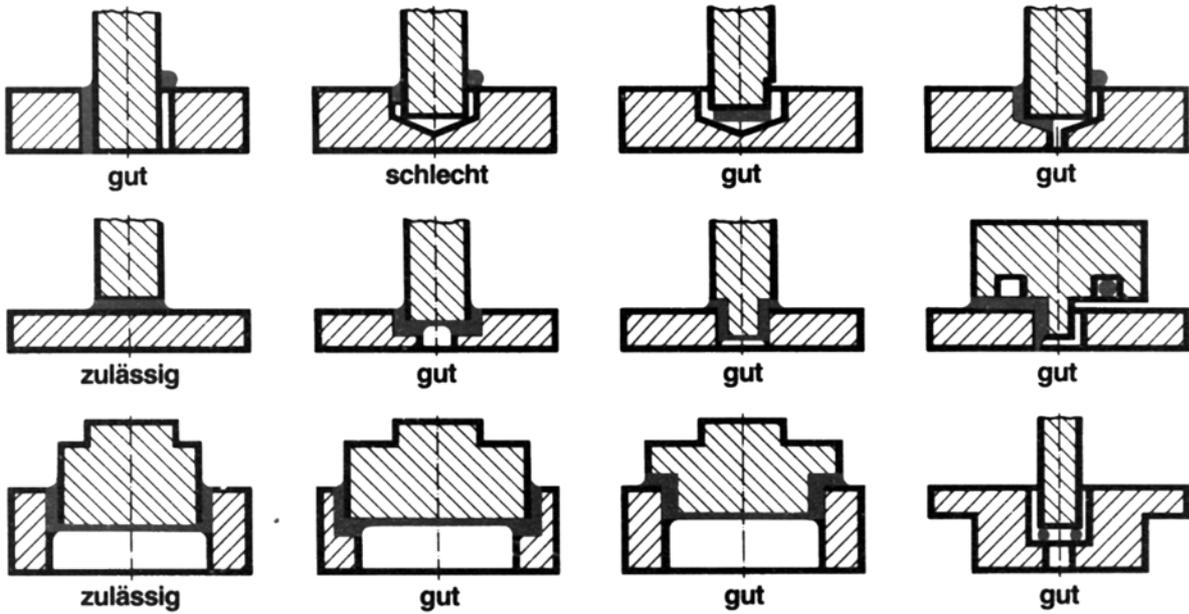
Bild 11 und 12: Einlöten von Rohren in dickwandige Behälter

6. Konstruktionsbeispiele (Tafeln 1 – 4)

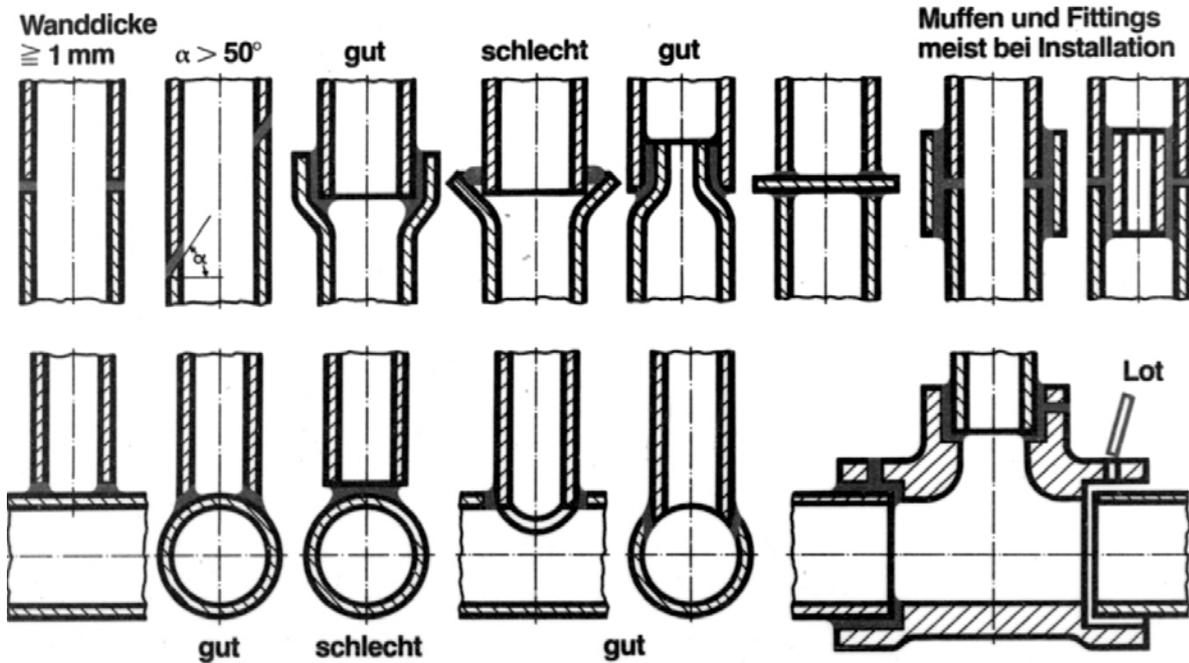
BrazeTec-Hartlote in lötgerechter Konstruktion

Auswahl technisch wichtiger Beispiele

(Günstiger Spaltbereich 0,05 ... 0,2 mm, die Spaltbreiten wurden in den Tafeln nicht maßstabgerecht, sondern vergrößert dargestellt).

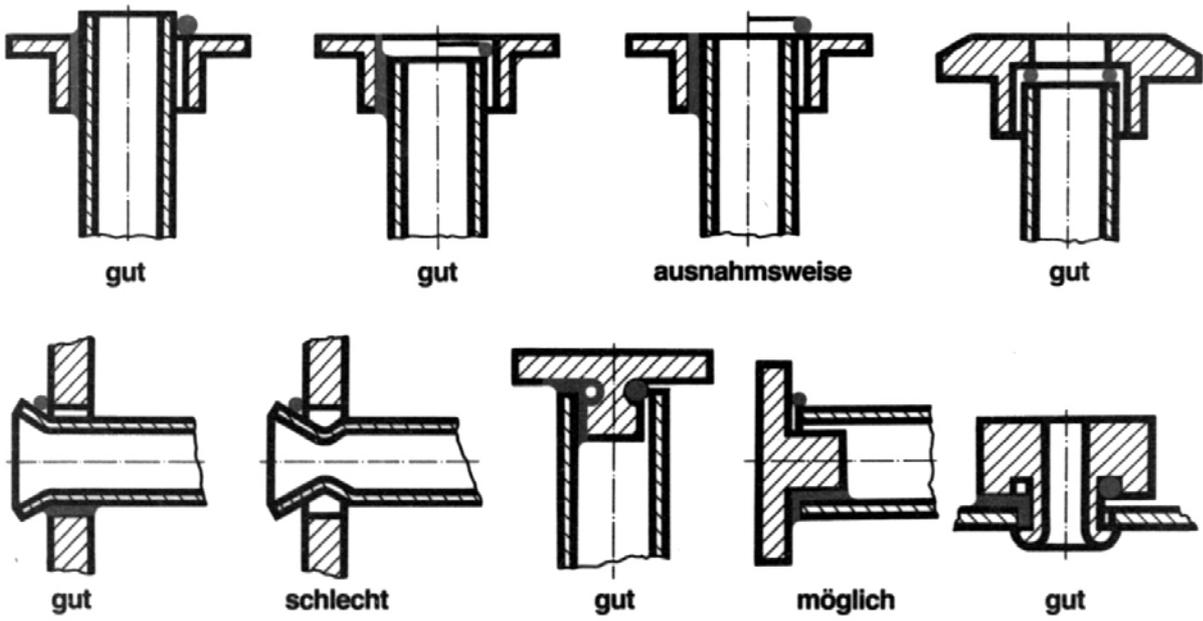


Tafel 1: Bolzen

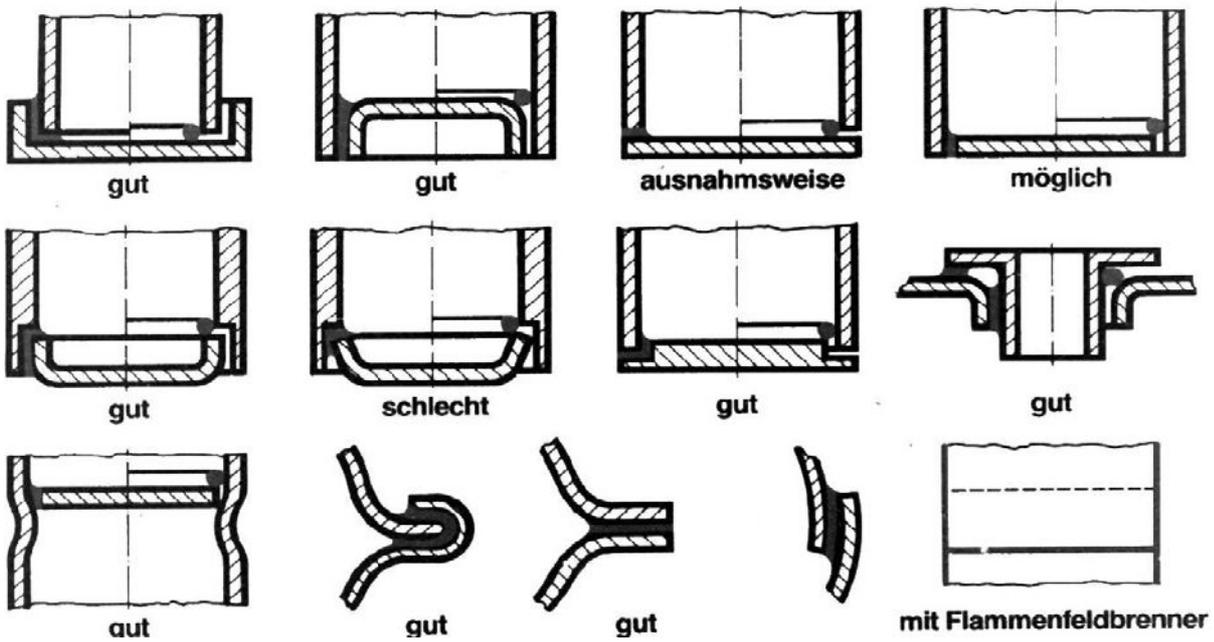


Tafel 2: Rohre

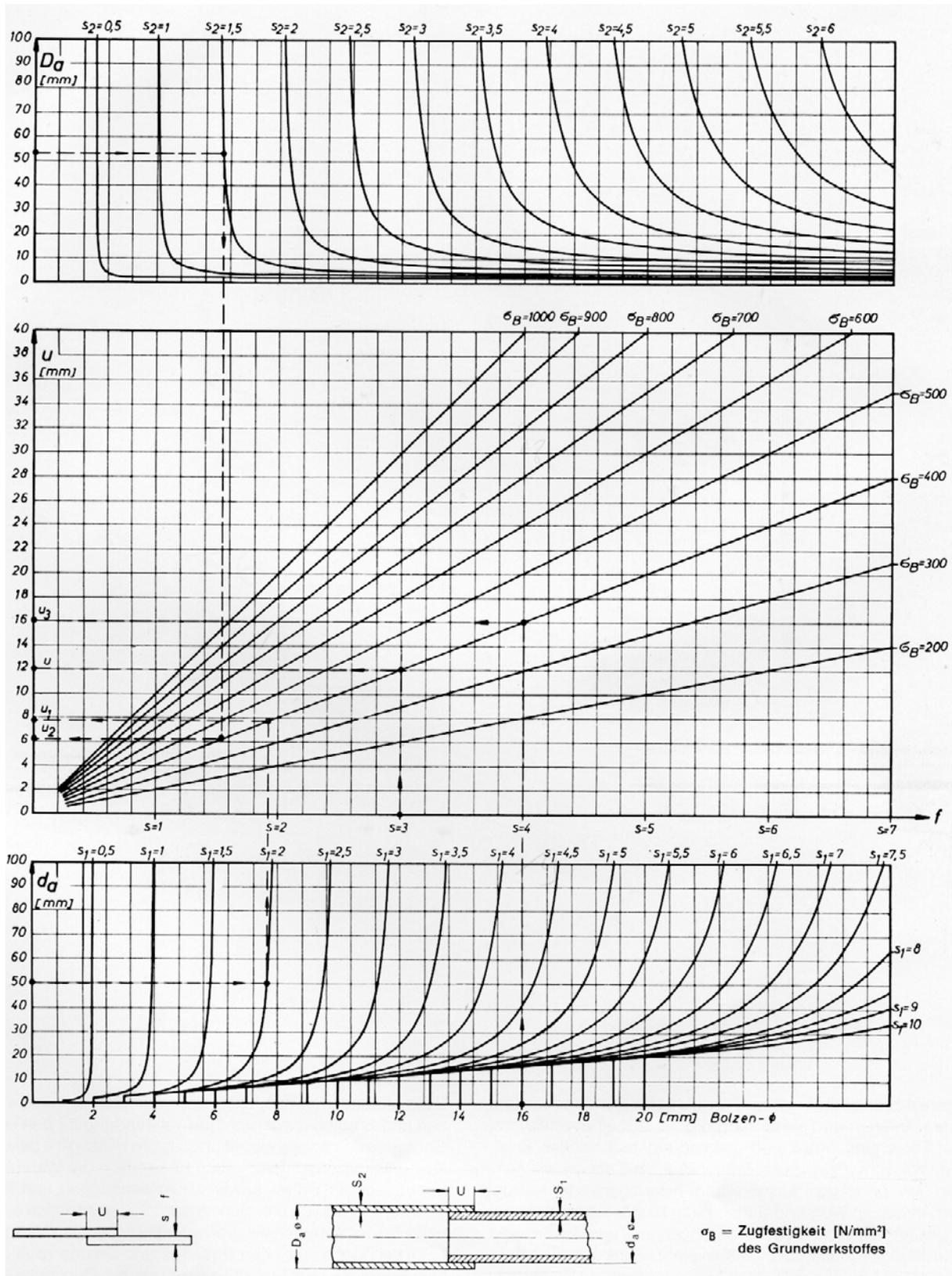
Lötgerechtes Gestalten



Tafel 3: Nippel und Flansche



Tafel 4: Blechbehälter



Tafel 5: Nomogramm zur Bestimmung der Überlappungslänge bei überlappt gelöteten Verbindungen; z.B. Blechen, ineinanderbesteckten Rohren und eingesteckten Bolzen.

Lötgerechtes Gestalten

Unsere Angaben über unsere Produkte und Geräte sowie über unsere Anlagen und Verfahren beruhen auf einer umfangreichen Forschungsarbeit und anwendungstechnischen Erfahrung. Wir vermitteln diese Ergebnisse, mit denen wir keine über den jeweiligen Einzelvertrag hinausgehende Haftung übernehmen, in Wort und Schrift nach bestem Wissen, behalten uns jedoch technische Änderungen im Zuge der Produktentwicklung vor. Darüber hinaus steht unser Anwendungstechnischer Dienst auf Wunsch für weitergehende Beratungen sowie zur Mitwirkung bei der Lösung fertigungs- und anwendungstechnischer Probleme zur Verfügung.

Das entbindet den Benutzer jedoch nicht davon, unsere Angaben und Empfehlungen vor ihrer Verwendung für den eigenen Gebrauch selbstverantwortlich zu prüfen. Das gilt - besonders für Auslandslieferungen - auch hinsichtlich der Wahrung von Schutzrechten Dritter sowie für Anwendungen und Verfahrensweisen, die von uns nicht ausdrücklich schriftlich angegeben sind. Im Schadensfall beschränkt sich unsere Haftung auf Ersatzleistungen gleichen Umfangs, wie sie unsere Allgemeinen Verkaufs- und Lieferbedingungen bei Qualitätsmängeln vorsehen.