

# **Schweißgerechtes Konstruieren** **an ausgewählten Beispielen**

**Dr.-Ing. Peter Knödel, SFI/IWE**

**Beratender Ingenieur**

**ö.b.u.v. Sachverständiger für „Schweißtechnik – Sonderbauten in Metall“**

**Professor für Stahlbau an der FH Augsburg**

**[www.peterknoedel.de](http://www.peterknoedel.de)**

**Vortragsforum**  
**des DVS-Bezirksverbands Schwaben**  
**[www.dvs-ev.de/bvschwaben](http://www.dvs-ev.de/bvschwaben)**

**Vortrag in der Hochschule Augsburg am 12.10.2009**

## **0. Inhalt**

<u>0.</u>	<u>Inhalt</u>	<u>2</u>
<u>1.</u>	<u>Einleitung</u>	<u>3</u>
<u>2.</u>	<u>Bedeutung der Konstruktion</u>	<u>5</u>
<u>3.</u>	<u>Kriterien</u>	<u>7</u>
3.1	Allgemeines	7
3.2	Tragfähigkeit	7
3.3	Zugänglichkeit	9
3.4	Prüfbarkeit	11
3.5	Kerbfreiheit	12
3.6	Eigenspannungsarmut	18
3.7	Maßhaltigkeit	22
3.8	Wirtschaftlichkeit	22
3.9	Fertigungsmöglichkeit	23
3.10	Klassifizierbarkeit	25
3.11	Prozesssicherheit	26
3.12	Sonstige	26
<u>4.</u>	<u>Zusammenfassung</u>	<u>29</u>
<u>5.</u>	<u>Literaturhinweise und Quellen</u>	<u>30</u>
5.1	Normen und Regelwerke	30
5.2	Fachliteratur	30

## **1. Einleitung**

Unter „Konstruieren“ wird im folgenden die Detailausbildung an Stahlbauteilen verstanden, d.h. die Gestaltung von Stahlbauanschlüssen.

Konstruieren wird selten in den üblichen Ausbildungsstätten gelehrt.

- An der Universität z.B. kaum, auch in der Vorlesung „Schweißtechnik“ von Prof. Saal (Universität Karlsruhe), an der HS Karlsruhe bei Prof. Baumann, an der HS München bei den Professoren Bucak und Seeßelberg oder an der HS Augsburg bei Prof. Knödel kann aufgrund vieler wichtiger anderer Schwerpunkte nur verhältnismäßig wenig davon vermittelt werden.

Hinweis:

Ganz neu im Rennen sind die Professoren Dr.-Ing. Martin Mensinger an der TU München und Dr.-Ing. Thomas Ummenhofer an der Universität Karlsruhe. Zu diesen gibt es noch keinen gesicherten Informationsstand.

- Stahlbauhandbuch, Kapitel Schweißtechnik [18]:  
„Empfehlungen zur konstruktiven Gestaltung müssen sich auf die notwendigsten Hinweise beschränken.“
- Auch in den Meister und Technikerschulen geht man offensichtlich davon aus, daß die Leute das aus der betrieblichen Erfahrung mitbringen.

Der Grund liegt wahrscheinlich darin, daß gutes Konstruieren nur schwer in Regeln zu fassen ist.

Typische Konstrukteurskarrieren:

Früher:

Lehre als technischer Zeichner, dann lange im Betrieb bzw. im Technischen Büro, dann Technikerschule ...

Moderne Variante:

Ausbildung an der FH als Bauingenieur oder Maschinenbauer, unmittelbar danach Tätigkeit als Konstrukteur; als Werkzeug werden anspruchsvolle CAD-Systeme benutzt, ggfs. auch mit FE-Ankoppelung.

Definition:

Ein Konstrukteur ist im Gegensatz zu einem Technischen Zeichner oder Bauzeichner jemand, dessen Arbeit stark durch das Treffen eigener Entscheidungen geprägt ist.

Hinweis:

Dieses Skript wurde in der vorliegenden Form für einen Vortrag an der SL-Eslohe am 26.10.2006 ausgearbeitet.

Weiterentwickelt wurde es für eine Veranstaltung im ISIB Dr. Möll in Darmstadt am 19.10.2007.

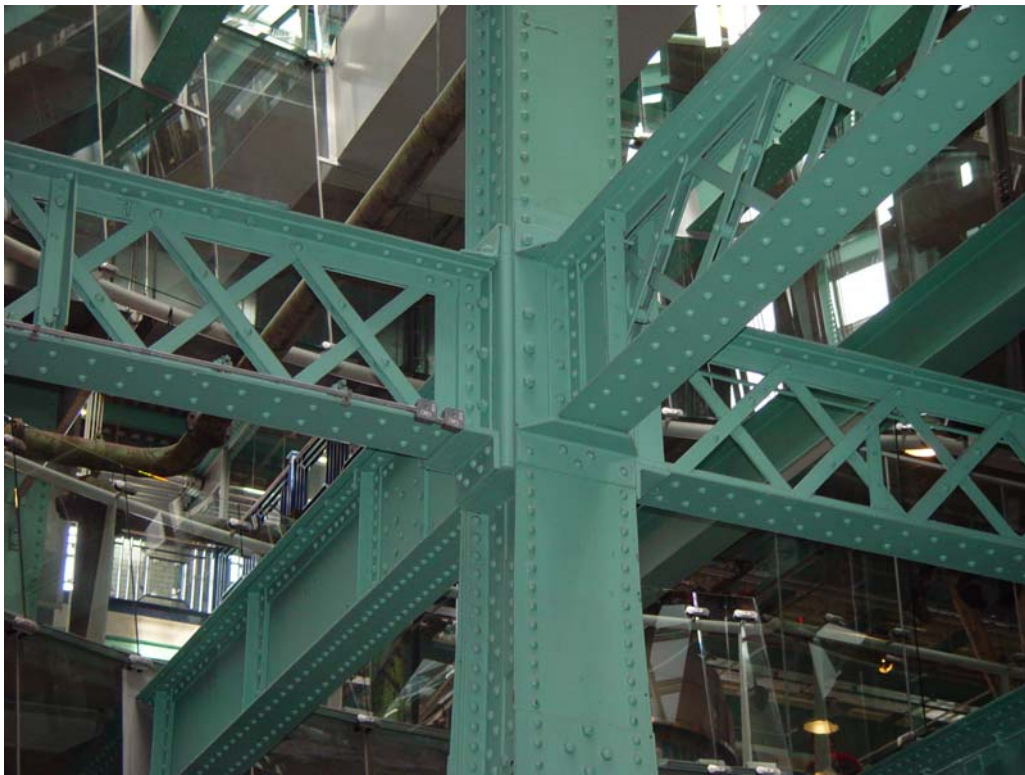
Von beiden Veranstalter liegt die freundliche Genehmigung zur weiteren Veröffentlichung vor (siehe Literaturverzeichnis), dafür danke ich an dieser Stelle herzlich.

Das vorliegende Skript ist ergänzt und überarbeitet.

## **2. Bedeutung der Konstruktion**

- Die Konstruktion entscheidet über die Festigkeit und die Steifigkeit eines Bauteils, aber ebenso über Eigenspannungen und Kerben, somit über die Tragsicherheit des Bauteils.
- Die Konstruktion entscheidet über die Fertigungsmöglichkeiten, d.h. z.B. über Art und Anzahl der Fertigungsschritte, somit über die Wirtschaftlichkeit eines Bauteils.

Die beste Schweißnaht ist die Schweißnaht, die vermieden wurde.



Alte Guinness Brauerei in Dublin (Museum). Foto: Binder 2008

Wer trägt die Verantwortung?

- Der Leiter des Technischen Büros?
- Nach DIN EN 719 (neu DIN EN ISO 14731) hängt die Schweißaufsicht immer mit drin – ob diese Verantwortung aber bei den heutigen Personalstrukturen in den Betrieben und bei

den terminlichen Auftragsabläufen realistisch wahrgenommen werden kann, ist eine andere Frage.

Wo sitzt die Kompetenz?

- Möglicherweise beim Leiter des Technischen Büros.  
Wenn dieser aber z.B. „nur“ ein ausgebildeter Stahlbauingenieur ist, dann hat er zu Beginn seiner Karriere nur die statische Brille auf – und muss noch viel dazulernen!
- Gute Konstrukteure sind gesucht wie die Nadel im Heuhaufen.  
Am besten man wirbt sie aus befreundeten Unternehmen ab;  
sie selbst auszubilden, ist ein langer, dorniger Weg, der das Unternehmen viel Geld kostet.  
Am Besten, man hat eine Personalstruktur mit mindestens 5 Personen im Technischen Büro.  
Jede 5 Jahre kommt ein Jungfuchs dazu, der bei den 4 Älteren lernen kann, und der Älteste geht in Pension, nachdem er sein Wissen an die anderen weiter gegeben hat.

Was bedeutet „Erfahrung“?

Erfahrung ist die Summe der Fehler, die man schon gemacht hat (Volksmund).

- das funktioniert aber nur, wenn man sich seine Fehler merken kann, und willens ist, daraus zu lernen
- man kann auch aus den Fehlern anderer lernen
- Anmerkung von Prof. Bucak (Hochschule München):  
Wenn Du sagst, „der Herr Soundso ist ein sehr erfahrener Kollege“, dann sagst Du eigentlich: „der Herr Soundso hat schon viel Mist gemacht“

### **3. Kriterien**

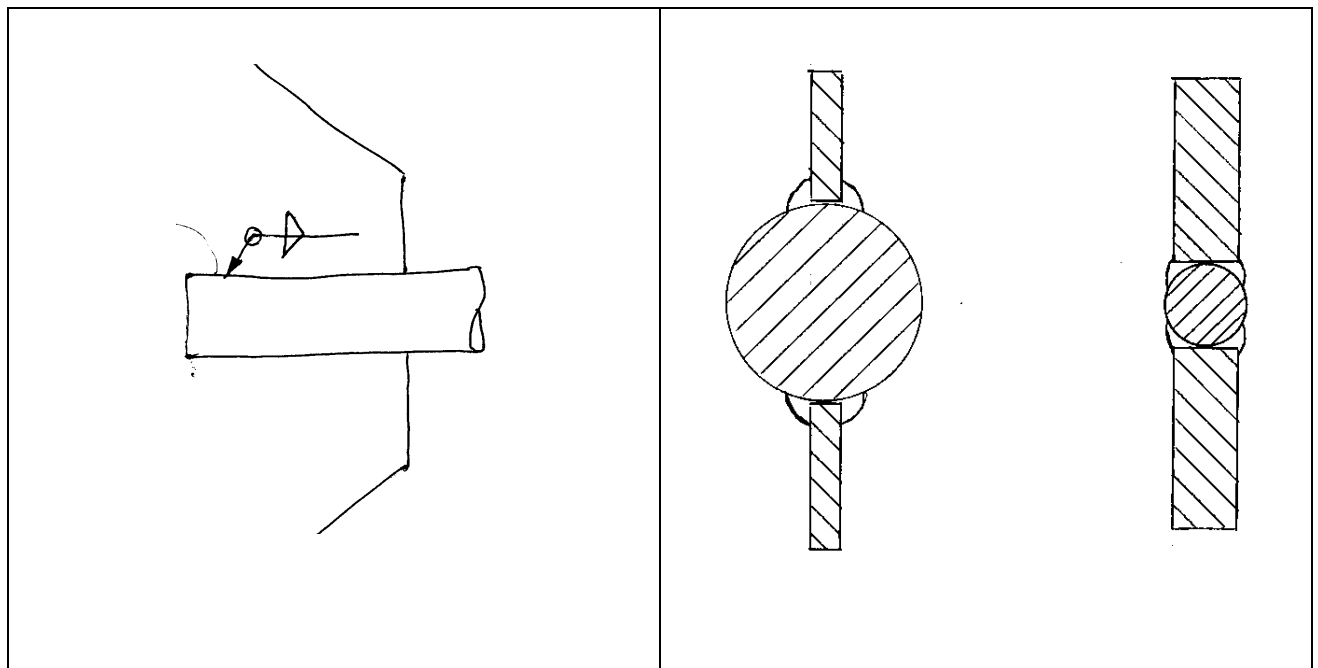
#### **3.1 Allgemeines**

Schweißgerechtes Konstruieren muss eine Vielzahl von Kriterien beachten. Je nach Art und Funktion der Konstruktion haben die einzelnen Kriterien eine unterschiedliche Gewichtung, manchmal sind sie lebensnotwendig, manchmal sind sie völlig bedeutungslos.

Die wichtigsten werden nachfolgend in willkürlicher Reihenfolge aufgelistet und erläutert. Konflikte mit anderen Kriterien werden dabei nicht bewertet.

#### **3.2 Tragfähigkeit**

Der Statiker schreibt z.B. am Anschluss einer Rund-Diagonale an einem Knotenblech „umlaufende Doppelkehlnaht a = 4“ vor. Seine Skizze ist links wiedergegeben.



Nahtkontur – Wurzel nicht dargestellt

Schnitt links: dickes Rund in dünnem Blech

Schnitt rechts: dünnes Rund in dickem Blech

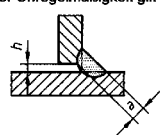
In der obigen Skizze sind die theoretischen Nahtkonturen dargestellt. Die tatsächliche Fugenform hängt stark von dem Fertigungsverfahren ab, mit dem das Knotenblech geschlitzt wird. Bei dem rechten Querschnitt ist unklar, welche Tiefe der (Quasi-)HV-Naht erreicht wird.



Welche Nahtdicke wurde hier erreicht? Foto: Knödel 1999  
 (man beachte auch die schöne Dopplung)

Der zulässige Spalt unter Kehlnähten beträgt nach DIN EN ISO 5817:2003 ergibt sich aus der nachfolgenden Tabelle:

3.3	617	Schlechte Passung bei Kehlnähten	Die Einschränkung nach Abschnitt 5 bezüglich systematischer Unregelmäßigkeit gilt nicht.	0,5 bis 3	$h \leq 0,5 \text{ mm} + 0,1 a$	$h \leq 0,3 \text{ mm} + 0,1 a$	$h \leq 0,2 \text{ mm} + 0,1 a$
				> 3	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,3 a$ , aber max. 4 mm	$h \leq 0,5 \text{ mm} + 0,2 a$ , aber max. 3 mm	$h \leq 0,5 \text{ mm} + 0,1 a$ , aber max. 2 mm



Auszug aus DIN EN ISO 5817:2003 (Gütegruppen B, C, D von rechts nach links)

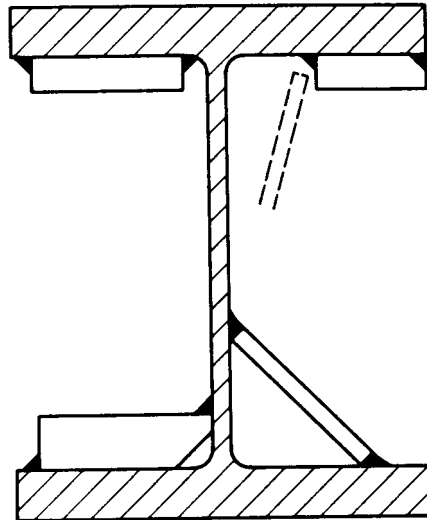
Für eine planmäßige Nahtdicke von  $a = 4 \text{ mm}$  erhält man in Gütegruppe C eine zulässige Spaltbreite von

$$h \leq 0,5 \text{ mm} + 0,2 * 4 \text{ mm} = 1,3 \text{ mm}$$

Das ist nicht viel, wenn der Schlitz möglicherweise noch unsauber gebrannt ist ...



### **3.3 Zugänglichkeit**



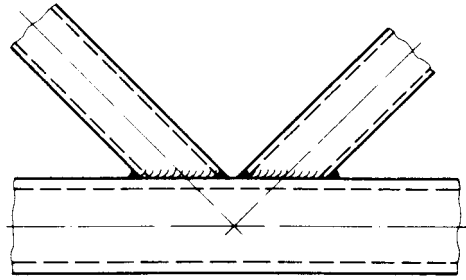
Quelle: DVS-Verlag

Grundsätzlich gilt:

- Ausreichend Raum lassen für Brenner- bzw. Elektrodenführung
- Kehlnähte müssen im richtigen Winkel bearbeitet werden können
- Ausreichend Raum lassen für den Schweißer

Daraus lassen sich Forderungen (oder Erfahrungswerte) ableiten für günstige konstruktive Details:

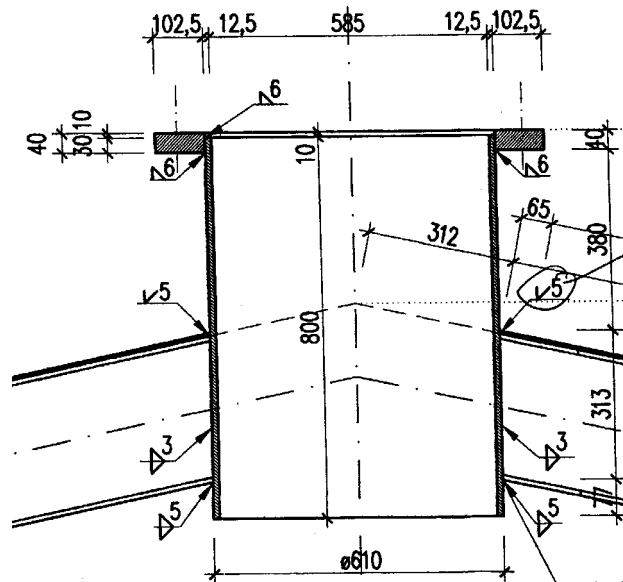
- Lasche an U-Profil: außen statt innen
- Eingestecktes Knotenblech in geschlitztes Rohr: HV-Naht einseitig statt hingefummelter Kehlnaht
- Diagonalen an Rohrstößen ggfs. auseinander rücken  
(muß aber mit der Statik abgestimmt sein)



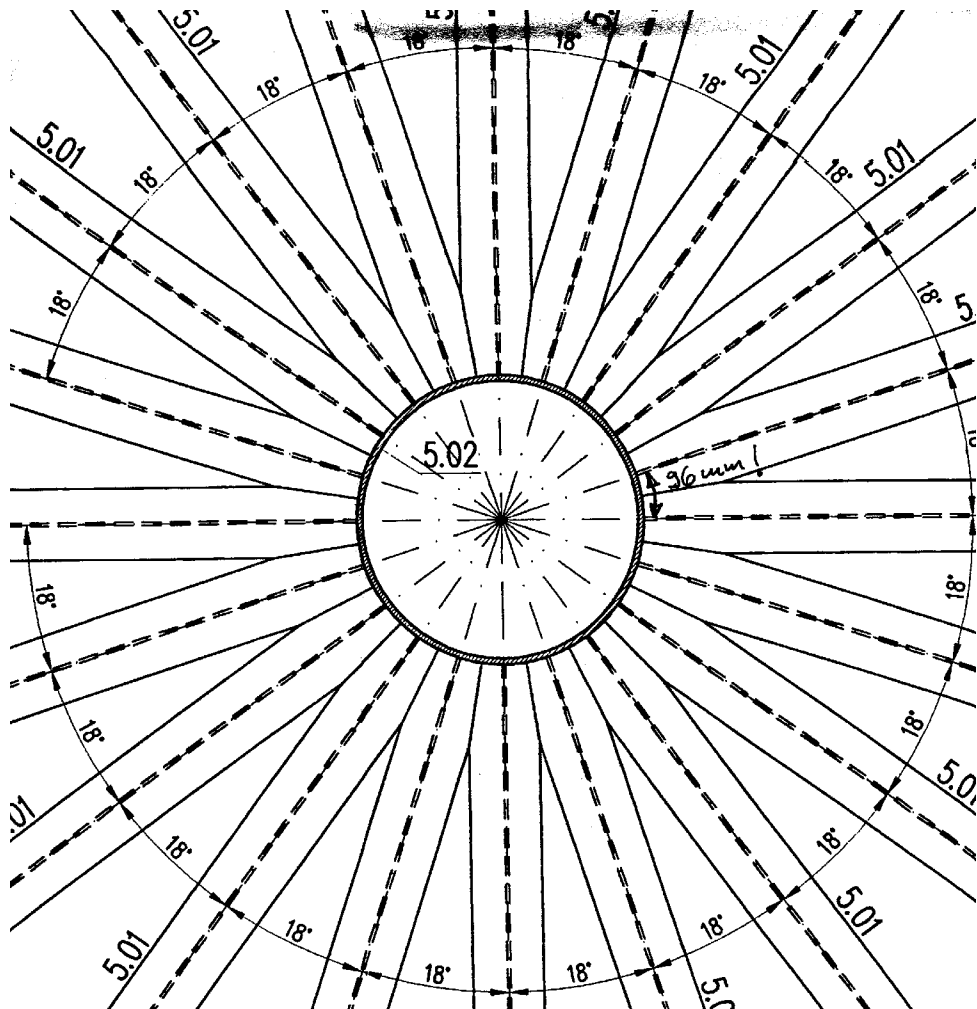
Quelle: DVS-Verlag

Anonymisiertes Beispiel aus meinem Büro:

Domstützen im Dachgespärre eines Tankes mit ca. 18 m Durchmesser.



Vertikalschnitt durch einen Domstützen (anonymisiert)



Draufsicht auf einen Domstutzen (anonymisiert)

Kann man die im Schnitt angegebenen Stegnähte ausführen?

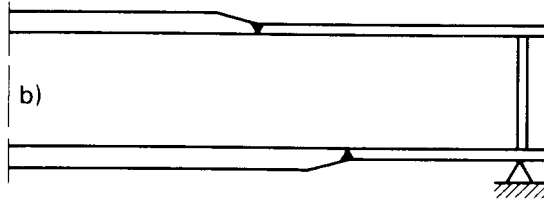
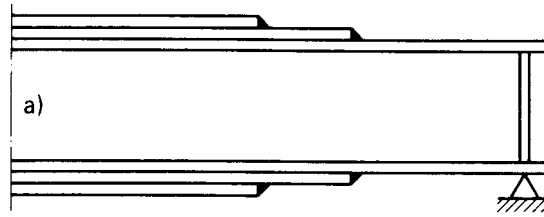
### **3.4 Prüfbarkeit**

AD-HP1 „Auslegung und Gestaltung“ Abs. 2.9:

„Drucktragende Schweißnähte müssen wenigstens einmal im Zuge der Fertigung mit dem jeweils vorgesehenen zerstörungsfreien Prüfverfahren geprüft werden können. Bei der Gestaltung ist zu berücksichtigen, dass einseitig geschweißte Nähte schwierig zu beurteilen sein können.“

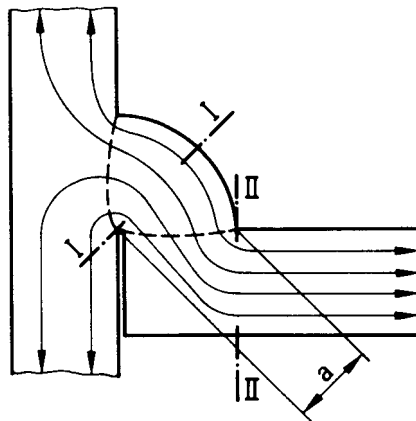
Daraus lässt sich eine Forderung für günstige Nahtanordnungen ableiten:

- Stumpfnähte statt Kehlnähte



Quelle: DVS-Verlag

### 3.5 Kerbfreiheit



Quelle: DVS-Verlag



Eisenbahnbrücke über die A8 bei der Ausfahrt Burgau im Bauzustand

Foto: Knödel 2008

Konstruktionen unter vorwiegend ruhender Beanspruchung verzeihen Kerben, weil Grund- und Zusatzwerkstoff an Stellen mit örtlich hohen Spannungen plastizieren können („es fließt sich zu-recht“).

Aber:

Viele Konstruktionen sind nur „vorwiegend“ ruhend beansprucht, d.h. sie dürfen zwar in der Berechnung wie „ruhend“ behandelt werden, sind aber dennoch Veränderungen in der Belastung unterworfen („dynamische Belastung“). Das gilt z.B. für alle Bauwerke oder Bauteile, die dem natürlichen Wind ausgesetzt sind:

Stahlschornsteine, Antennenmaste, Vordächer, Fassadenhalter, Fahnenstangen, Hochspannungsmaste, Stadionüberdachungen

Konstruktive Empfehlung [19]:

statisch rechnen, „dynamisch“ konstruieren

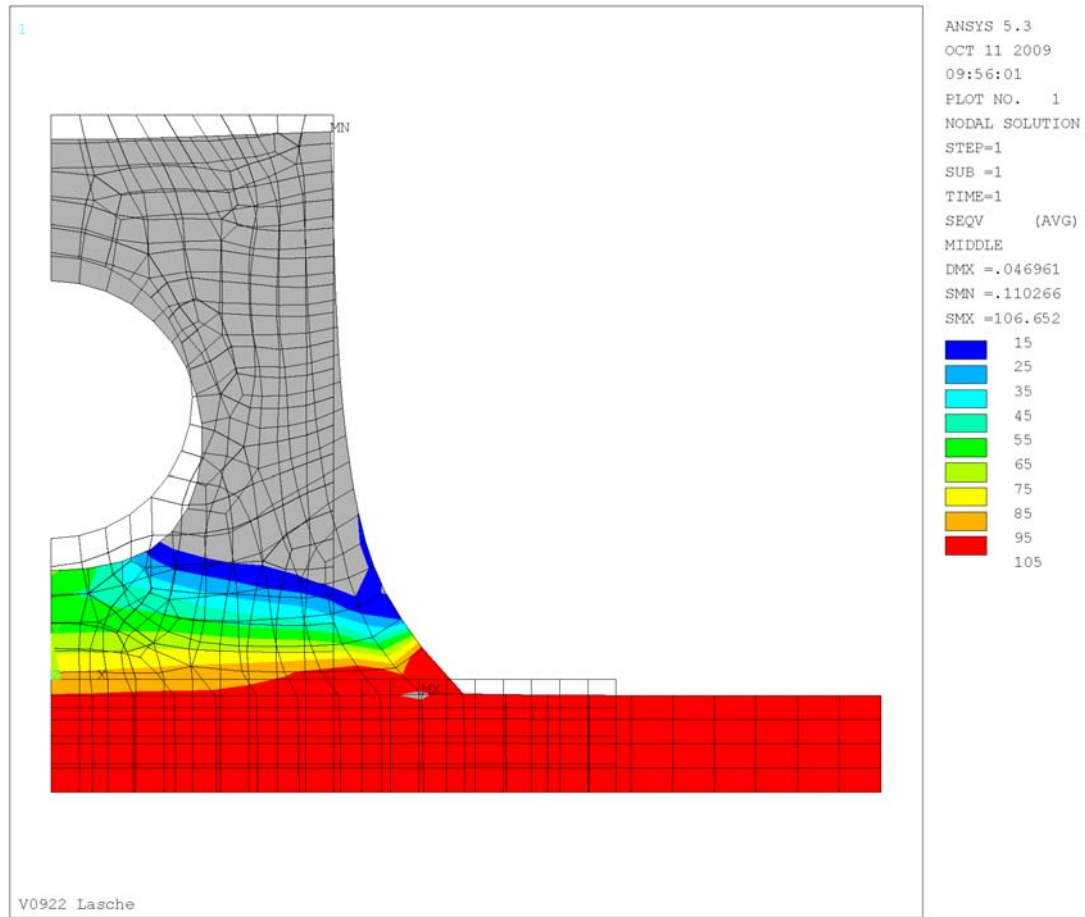
Konstruktive Regel für „dynamisch“, d.h. ermüdend beanspruchte Bauteile:

- Stumpfstöße statt Überlappstöße

- möglichst nur Stumpfnähte (DHV-Nähte), keine (Doppel-)Kehlnähte
- Steifigkeitssprünge vermeiden, alle Querschnittsübergänge 1:4 abschrägen
- bei einspringenden Ecken und Ausklinkungen möglichst große Ausrundungsradien vorsehen  
In DIN 18800-7:2002 ist für den bauaufsichtlich geregelten Bereich ein Ausrundungsradius von 8 mm verpflichtend vorgeschrieben. Bei vorwiegend ruhender Beanspruchung genügen 5 mm.

Vorsicht vor „nichttragenden“ Laschen oder sonstigen Anbauteilen:

Diese müssen entweder in der Berechnung berücksichtigt sein, oder sorgfältig und geplant wieder entfernt werden, z.B. nach einem Schweißplan.

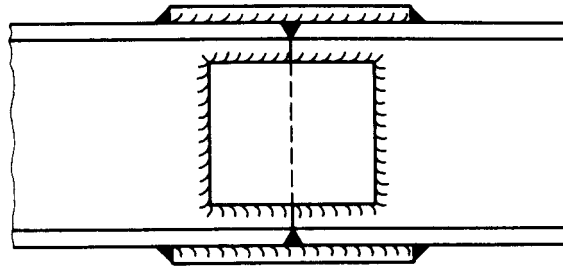


„Nichttragende Lasche“ – am rechten Ende des Grundbleches sind  $100 \text{ N/mm}^2$  angelegt.  
Nur die rechte Symmetriehälfte ist dargestellt, Verformungen sind 1000-fach überhöht,  
der unverformte Zustand ist eingeblendet.

Hinweis: mit dieser Elementierung ist es nicht möglich,  
die tatsächlichen Spitzenspannungen an der einspringenden Ecke zu ermitteln!

Wie man an den Verformungen der obigen Ergebnisse einer FEM-Berechnung anschaulich sieht,  
sind die unteren Werkstofffasern der Lasche den gleichen Dehnungen unterworfen wie das Grundblech (was man auch ohne FEM-Berechnung hätte erkennen können). Am Übergang zwischen dem Grundblech und der Lasche (einspringende Ecke) entstehen deshalb starke Spannungserhöhungen. Nach DIN 15018 entsteht Kerbfall K4.

Keine Stumpfstoße an Walzprofilen mit „Angstlaschen“ – außer zusätzlichen Kerben gibt das auch noch unnötige Eigenspannungen.



Quelle: DVS-Verlag

Die folgenden Bilder zeigen Beispiele von Straßenbahnen der Stadtwerke Augsburg, an denen durch die Fa. Bombardier Umbaumaßnahmen durchzuführen waren. Mein Büro war mit der schweißtechnischen Abnahme beauftragt. Die Nähte sind ermüdungsbeansprucht. Vor Ort war durch Schleifen eine V-förmige Fuge herzustellen.



Umbau an einer Straßenbahn – Fugenvorbereitung. Foto: Parschan 2008





Umbau an einer Straßenbahn – Fugenvorbereitung. Foto: Parschan 2008



Umbau an einer Straßenbahn – fertiggestellte Naht. Foto: Knödel 2008

### **3.6 Eigenspannungsarmut**

Als Eigenspannungen bezeichnet man Spannungen, die im Inneren eines Körpers vorhanden sind, ohne dass von außen eine Kraft einwirkt.

Karottenbeispiel:

Die beiden Hälften einer frischen, längsgespaltenen Karotte biegen sich bananenförmig vom Schnitt weg nach außen. In der Karotte waren Eigenspannungen „eingefangen“, die durch das Trennen „befreit“ wurden.



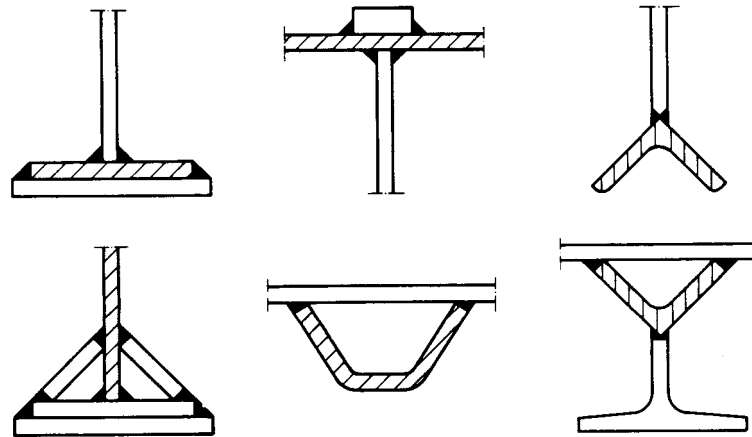
Karotte mit (schwachen) Eigenspannungen. Foto: Knödel 2009

Eigenspannungen entstehen z.B. beim

- Umformen (kalt Abkanten)
- Umwandeln von Austenit in Ferrit oder Martensit (z.B. beim Meißel-Härten)
- ungleichmäßigen Temperaturänderungen

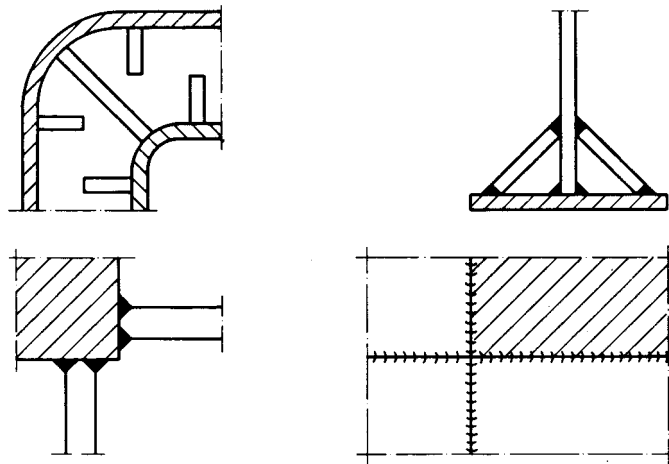
Beim Schweißen entstehen Eigenspannungen, wenn sich die erhitzten Bereiche des Werkstoffes beim Abkühlen nicht ungehindert verformen können. Je mehr ich an einem Bauteil „herumschweiße“, desto mehr Eigenspannungen erzeuge ich.

Spannungszustand: mittel



Auszug aus DASt-Ri 009 (1973)

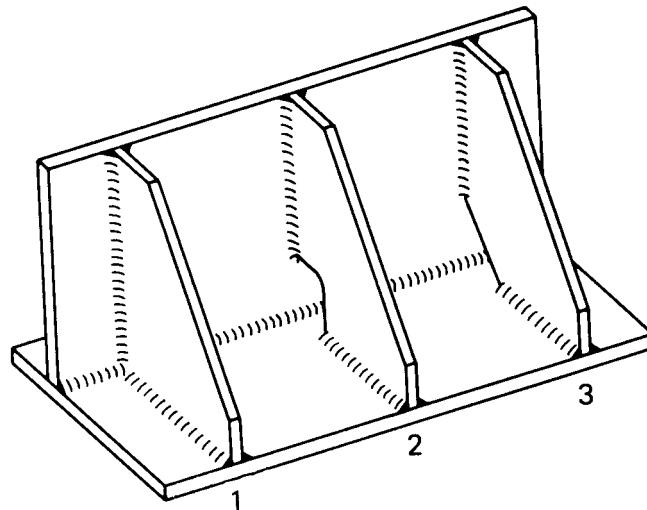
Spannungszustand: hoch



Auszug aus DASt-Ri 009 (1973)

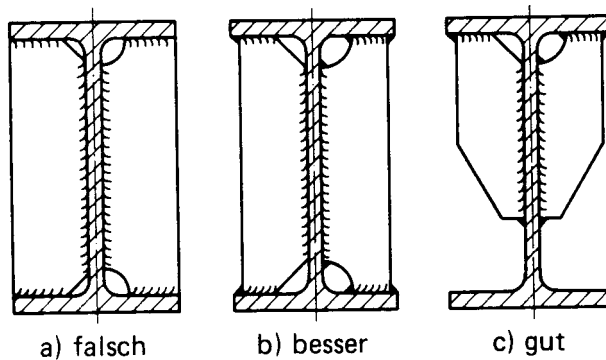
Konstruktive Regel:

- „weich“ konstruieren, d.h. geringe Bauteildicken wählen, sparsam mit Rippen und Aussteifungen umgehen
- von innen nach außen fertigen
- Häufung von Schweißnähten vermeiden
- mehrlagige Nähte vermeiden



Rippe 1 hat die meisten Eigenspannungen aber die geringsten Kerben

Quelle: DVS-Verlag



c) ist auch aus Gründen der Paßgenauigkeit besser, falls statisch möglich

Quelle: DVS-Verlag



Versuchseinrichtung für die Universität Karlsruhe

Hersteller: Vollack Stahltechnik, Karlsruhe

Foto: Knödel 2004



Versuchseinrichtung für die Universität Karlsruhe

Hersteller: Vollack Stahltechnik, Karlsruhe

Foto: Knödel 2004



### **3.7 Maßhaltigkeit**

- „steif“ konstruieren, d.h. große Bauteildicken wählen, reichlich Rippen und Aussteifungen einsetzen
- von außen nach innen fertigen

... das ist genau das Gegenteil von den konstruktiven Regeln für das Kriterium „Eigenspannungen vermeiden“ ...



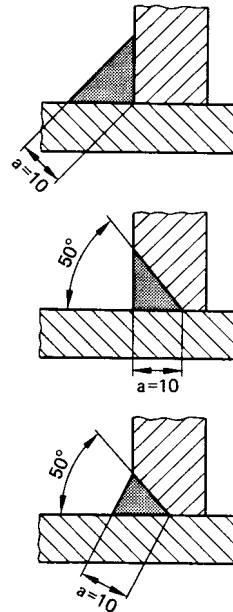
Rohr aus nichtrostendem Stahl, D = ca. 200, mit aufgeschweißter Rippe

Foto: Knödel 2003

### **3.8 Wirtschaftlichkeit**

So verringert der Konstrukteur unmittelbar Fertigungskosten:

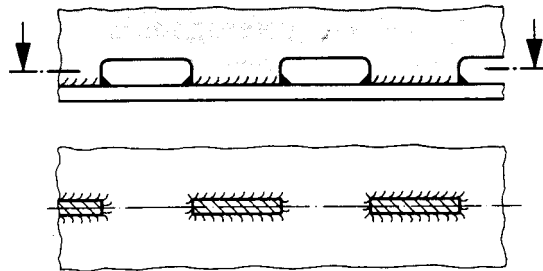
- Prozessgerecht konstruieren (z.B. für UP-Schweißen)
- Zwangspositionen bei der Fertigung vermeiden
- Kehlnähte statt Stumpfnähte (vermeiden von Fugenvorbereitung)  
aber: versenkte, d.h. HV-Nähte sparen Schweißgut



Nahtvolumen von oben nach unten: 100 %, 60 %; 47 %,  
bei jeweils gleicher rechnerischer Tragfähigkeit

Quelle: DVS-Verlag

- X-Nähte statt V-Nähten bei Stumpfstößen sparen ebenfalls Schweißgut
- Durchlaufende, vom Halbautomaten geschweißte Kehlnähte statt unterbrochene Kehlnähte



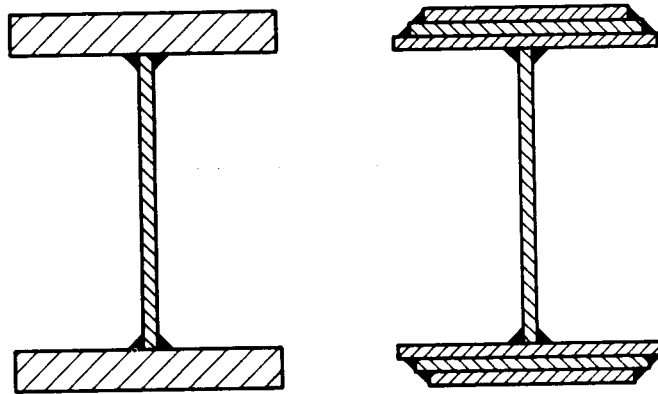
Quelle: DVS-Verlag

### **3.9 Fertigungsmöglichkeit**

- Verfügbarkeit der Einrichtungen  
(Wendemöglichkeit, Schweißverfahren)

- Fugenform abhängig vom Schweißverfahren  
eine Fuge mit 50° Öffnungswinkel ist nur mit MAG ohne Bindefehler sicher beherrschbar,  
für E-Hand mit Stabelektroden braucht man 60° – aber da spielt auch noch der Schweißspalt  
eine Rolle.
- Verarbeitung von sogenannten nichtrostenden Stählen  
ist Formieren möglich?  
ist das nachträgliche Entfernen der Oxidschichten (Anlauffarben) möglich?

Auflösen eines dicken Querschnittes in dünnere Einzellamellen, wenn man z.B. nur eine Herstellerqualifikation C hat (früher „kleiner Eignungsnachweis“)



Quelle: DVS-Verlag

Das hat aber noch andere Vorteile:

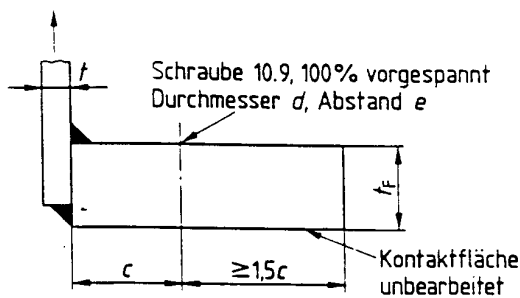
- wegen der geringeren Bauteildicke ist die Sprödbruchgefahr geringer
- kein Vorwärmen erforderlich
- ein eventueller Dauerriss geht nur durch eine Lamelle, das Bauteil verliert dadurch nur wenig an Tragfähigkeit



### 3.10 Klassifizierbarkeit

Problemstellung aus dem Stahlschornsteinbau:  
 Anschluß des Tragemantels an den Fußflansch

Seite 22 DIN 4133



$$c \leq 2d$$

$$\frac{e}{d} \leq 2 \leq \frac{d}{t} \leq 10$$

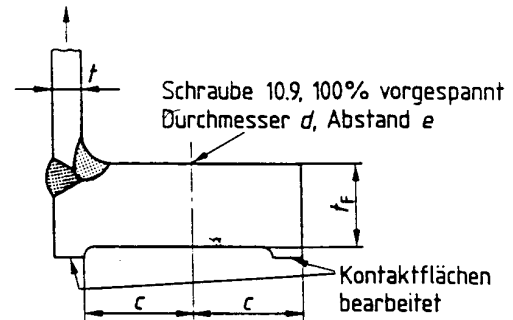
$$t_F \geq 1,5d \text{ jedoch } \min t_F = 4t \text{ für } r/t \leq 50$$

$$\min t_F = 3t \text{ für } r/t = 100$$

$$\min t_F = 2t \text{ für } r/t \geq 200$$

Zwischenwerte dürfen interpoliert werden.

Fall a)  $\Delta\sigma_A = 45 \text{ N/mm}^2$



$$c \leq 2d$$

$$\frac{e}{d} \leq 2 \leq \frac{d}{t} \leq 10$$

$$t_F \geq 1,25d \text{ für St 37}$$

$$t_F \geq 1,0d \text{ für St 52}$$

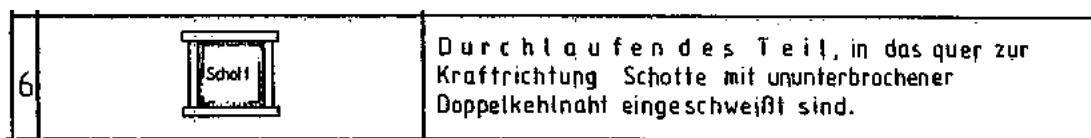
Fall b)  $\Delta\sigma_A = 90 \text{ N/mm}^2$

Aus DIN 4133 Stahlschornsteine

Nach DIN 4133 sind nur zwei Formen einseitiger Fußflansche klassifiziert – beide werden in der Praxis selten gebaut.

Problemstellung aus dem Fahrzeugbau

Aussteifungsschott im Hohlkasten-Ausleger einer Betonpumpe. Der Hohlkasten besteht aus Gurtblechen 270x6 und Stegblechen 438x6, jeweils S690.



Aus DASt-Ri 011 Tabelle 3 – Kerbfall K3

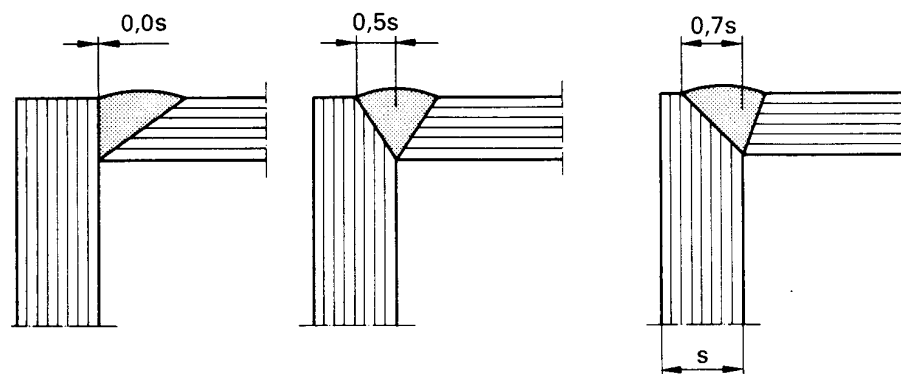
Das Schott ist nur von einer Seite zugänglich, eine Doppelkehlnaht ist daher nicht möglich. Es wird eine HV-Naht geschweißt. Was ist das für ein Kerbfall?

### **3.11 Prozesssicherheit**

- Die Fehleranfälligkeit steigt bei Zwangspositionen oder schwer zugänglichen Nähten.
- Die freudige Arbeitsmotivation des Schweißers nimmt deutlich ab bei Überkopffpositionen.
- MAG-Nähte in Position „Wannenlage“ PA oder „horizontal“ PB zeigen relativ häufig Bindefehler durch Badvorlauf.  
Fertigungsregel: Bauteile so legen, dass leicht bergauf geschweißt wird.

### **3.12 Sonstige**

- Vermeidung von Terrassenbruch (DAST-Ri 014)  
Konstruktionsregel: Möglichst alle Fasern anschließen



Nachteil Bild rechts: falsche (senkrechte) Brennerführung führt zu Bindefehlern

Quelle: DVS-Verlag

- Vermeidung von Sprödbruch (DAST-Ri 009)  
(siehe oben bei Eigenspannungen)
- Auswahl geeigneter schweißgeeigneter Werkstoffe
- Robotergerecht konstruieren  
die Teile müssen so konstruiert sein, dass man Spannvorrichtungen mit eindeutiger Lage der Teile verwenden kann
- ...

- Montagefreundliches und toleranzausgleichmögliches sowie verzinkungsgerechtes Konstruieren wird hier nicht behandelt, obwohl es zumindest bei geschweißten Baukonstruktionen häufig eine Rolle spielt.



Eisenbahnbrücke über die A8 bei der Ausfahrt Burgau im Bauzustand

Foto: Knödel 2008



Verbundträger für ein Parkhaus in Mainz

Verantwortlich für die Konstruktion: Peter Knödel!

Foto: Knödel 2001



Anonymisiertes Beispiel für nicht verzinkungsgerechtes Konstruieren. Foto: Helleis 2009

#### **4. Zusammenfassung**

Bei den meisten Konstruktionsaufgaben stehen mindestens zwei der oben genannten Kriterien im Widerspruch. Daher geht es beim Konstruieren immer um Kompromisse. Beim heutigen Wettbewerbsdruck der Unternehmen und immer krasser werdenden Terminvorstellungen der Kunden wird das Ausbalancieren dieser Kompromisse zu einer ständigen Gratwanderung.

Ein guter Konstrukteur muss daher die oben genannten Kriterien und Regeln nicht nur ungefähr kennen, sondern er muss präzise abschätzen können, welche Folgen zu erwarten sind, wenn er eine dieser Regeln verletzt.

Damit lässt sich ein Anforderungsprofil für einen Konstrukteur formulieren:

- gutes Verständnis für mechanische Zusammenhänge
- gutes Verständnis für das „Fließen“ der Kräfte im Bauteil
- gute Kenntnis der Fertigungsverfahren auch um die Schweißtechnik herum
- ein sicheres Gefühl für den erforderlichen Zeitaufwand bei den einzelnen Fertigungsschritten
- ein sicheres Gefühl für mögliche Ärgernisse bei der Montage
- Verhandlungsgeschick, weil man dauernd mit dem Statiker auf der einen Seite und dem Fertigungsleiter auf der anderen Seite verhandeln muss, ob man das, was man sich so vorgestellt hat, auch so machen darf
- ...

## **5. Literaturhinweise und Quellen**

### **5.1 Normen und Regelwerke**

- [1] DIN EN 719: Schweißaufsicht – Aufgaben und Verantwortung. Deutsche Fassung EN 719:1994 August 1994. (siehe auch DIN EN ISO 14731)
- [2] DIN EN ISO 5817: 2003-12 Schweißen – Schmelzschweißverbindungen an Stahl, Nickel, Titan und deren Legierungen (ohne Strahlschweißen) – Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten (ISO 5817:2003). Deutsche Fassung EN ISO 5817:2003.
- [3] E DIN EN ISO 14731: Schweißaufsicht – Aufgaben und Verantwortung. Mai 2005. (siehe auch DIN EN 719)
- [4] DIN 18800: Stahlbauten.  
Teil 1: Bemessung und Konstruktion. November 1990.  
Teil 7: Ausführung und Herstellerqualifikation. September 2002.
- [5] DAST Richtlinie 009: Stahlsortenauswahl für geschweißte Stahlbauten. Januar 2005.
- [6] DAST Richtlinie 009: Empfehlungen zur Wahl der Stahlgütegruppe für geschweißte Stahlbauten. April 1973.
- [7] DAST Richtlinie 011: Hochfeste schweißgeeignete Feinkornbaustähle mit Mindeststreckgrenzenwerten von 460 und 690 N/mm<sup>2</sup> – Anwendung für Stahlbauten (02/88)
- [8] DAST Richtlinie 014: Empfehlungen zum Vermeiden von Terrassenbrüchen in geschweißten Konstruktionen aus Baustahl. (01/81)
- [9] VdTÜV Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (Hrsg):  
AD-Merkblätter, Taschenbuch-Ausgabe 2002. Stand Mai 2002. Heymanns Verlag, Köln / Beuth Verlag, Berlin.
- [10] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-30.3-6: Erzeugnisse, Verbindungsmittel und Bauteile aus nichtrostenden Stählen. Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin, 05.12.03. Geltungsdauer bis 31.12.2008.

### **5.2 Fachliteratur**

- [11] Hofmann, H.-G., Mortell, J.-W., Sahmel, P., Veit, H.-J.: Grundlagen der Gestaltung geschweißter Stahlkonstruktionen. Fachbuchreihe Schweißtechnik Band 12, DVS-Verlag, Düsseldorf, 10. Auflage 2005.
- [12] Knödel, P.: Rechnerische Ermüdungsnachweise für geschweißte Bauteile. Vortrag in der SLV Mannheim am 26.01.2006. Skript herunterladbar von [www.peterknoedel.de](http://www.peterknoedel.de).
- [13] Knödel, P.: Schweißgerechtes Konstruieren an ausgewählten Beispielen. Vortrag an der SLV Eslohe am 26.10.2006, herunterladbar unter [www.peterknoedel.de/papers/papers.htm](http://www.peterknoedel.de/papers/papers.htm).
- [14] Knödel, P.: Schweißanschlüsse bei „Außergewöhnlichen Einwirkungen“. Vortrag in der SLV Mannheim am 01.02.2007. Skript herunterladbar von [www.peterknoedel.de](http://www.peterknoedel.de).

- [15] Knödel, P.: Schweißgerechtes Konstruieren an ausgewählten Beispielen. Vortrag im Rahmen des ERFA für SAP, ISIB Dr. Möll GmbH, Darmstadt, am 19.10.2007. [www.isib.de](http://www.isib.de)
- [16] Knödel, P.: Ermüdungsnachweise mit der Finite Elemente Methode nach der FKM-Richtlinie – Beispiele aus der Bemessungspraxis –. Vortrag in der SL Karlsruhe am 08.03.2007. Skript herunterladbar von [www.peterknoedel.de](http://www.peterknoedel.de).
- [17] Malisius, R.: Schrumpfungen, Spannungen und Risse beim Schweißen. Reprint der 4., überarbeiteten und erweiterten Auflage von 1977 aus der Fachbuchreihe Schweißtechnik Band 10. DVS-Verlag, Düsseldorf, 2002.
- [18] Mang, F., Knödel, P.: Schweißen und Schweißverbindungen. Abschnitt 10.3 in: Stahlbau Handbuch - Für Studium und Praxis. 3. Auflage, Band 1 Teil A, Stahlbau-Verlags-GmbH, Köln 1993. S. 577-612.
- [19] Mang, F., Knödel, P.: Neuere Erkenntnisse zum Entwurf und zur Qualitätssicherung bei Stahlschornsteinen. Tagungsbericht 20, Freudenstadt 1993, Landesvereinigung der Prüfingenieure für Baustatik Baden-Württemberg e.V., S. 65-97.
- [20] Neumann, A. (Hrsg.): Schweißtechnisches Handbuch für Konstrukteure. Teil 1: Grundlagen, Tragfähigkeit, Gestaltung. Fachbuchreihe Schweißtechnik Band 80/I, 7. Auflage, DVS-Verlag, Düsseldorf 1996.
- [21] Neumann, A.: Schweißtechnisches Handbuch für Konstrukteure. Teil 2: Stahl-, Kessel- und Rohrleitungsbau. Fachbuchreihe Schweißtechnik Band 80/II, DVS-Verlag, Düsseldorf 1987.
- [22] Neumann, A.: Schweißtechnisches Handbuch für Konstrukteure. Teil 3: Maschinen- und Fahrzeugbau. Fachbuchreihe Schweißtechnik Band 80/III, 5. Auflage, DVS-Verlag, Düsseldorf 1998.
- [23] Neumann, A., Hobbacher, A.: Schweißtechnisches Handbuch für Konstrukteure. Teil 4: Geschweißte Aluminiumkonstruktionen. Fachbuchreihe Schweißtechnik Band 80/IV, DVS-Verlag, Düsseldorf 1993.
- [24] Neumann, A., Neuhoff, R.: Kompendium der Schweißtechnik Band 4: Berechnung und Gestaltung von Schweißkonstruktionen. Fachbuchreihe Schweißtechnik Band 128/4, 2. Auflage, DVS-Verlag, Düsseldorf 2002.
- [25] Petersen, Chr.: Stahlbau, 3. überarbeitete und erweiterte Auflage, 2. durchgesehener Nachdruck. Vieweg, Braunschweig 1997.
- [26] Radaj, D.: Ermüdungsfestigkeit. Grundlagen für Leichtbau, Maschinen- und Stahlbau. 2. Auflage. Springer Verlag Berlin 2003.
- [27] Steidl, G.: Guss im konstruktiven Ingenieurbau. DVS-Verlag, Düsseldorf 2006.