

## Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Gestaltungsgrundsätze .....	3
1.1	Werkstoffe.....	3
1.2	Auf stetigen Kraftfluss achten! .....	3
1.3	Möglichkeiten um Verzug im Schweißbauteil zu minimieren .....	4
1.4	Gestaltung von Nahtkreuzungen .....	5
1.5	Trägerausteiungen.....	5
1.6	Schweißen in kaltgeformten Bereichen.....	6
1.7	Randabstand .....	7
1.8	Langlochsweißungen, Langlochbreite.....	7
1.9	Anschlusswinkel von Schweißbauteilen.....	7
1.10	Hinweise für den konstruktiven Aufbau.....	8
1.11	Rahmen und Rahmentragwerke .....	9
1.12	Kastenträger .....	11
1.13	Kostengünstige Gestaltung.....	13
2	Auslegung / Berechnung.....	16
2.1	Tragwerke nach DIN EN 1090 .....	16
2.1.1	Definition Tragwerk .....	16
2.1.2	Einstufung nach EXC .....	16
2.2	Maschinenbauteile nach 3834 .....	17
2.2.1	Bauteilkategorien .....	17
2.2.2	Betriebliche Voraussetzungen zur Bauteilfertigung .....	18
2.2.3	Bauteilprüfung .....	18
2.3	Nahtdicke.....	18
2.4	Beanspruchung in Dickenrichtung (Terrassenbruch).....	20
2.5	Berechnung Schweißnahtdimension .....	23
2.5.1	Spannungskennwerte .....	24
2.5.2	Werkstoffkennwerte .....	25
2.5.3	Konstruktionskennwerte .....	25
2.5.4	Bauteilfestigkeit .....	26
2.5.5	Sicherheitsfaktoren .....	27
2.5.6	Nachweis .....	27
3	Zeichnungserstellung.....	28
3.1	Erstellung der Schweißzeichnung.....	28
3.2	Erzeugen des Schweißstempels.....	28
3.3	Altzeichnungen vor dem 22.10.2018 .....	30
3.4	Spannungsarm Glühen .....	30
3.5	Angaben von Prüfumfängen .....	30
3.6	Nähte .....	31
3.7	Bemaßung .....	43
3.8	Schweißnahtvorbereitung .....	44
4	Zeichnungs- und Konstruktionsprüfung .....	44
4.1	Einzelbaugruppen, Elternbaugruppen .....	44
4.2	Kindbaugruppen .....	44

**Änderungsstand:**

08	Externe links aktualisiert	Siemer	06.07.21
07	Logoänderung	Siemer	21.03.19
06	Werksnorm überarbeitet	Siemer/Freihofen	02.10.18
05	Änderung Freigabemodul	Otholt, S.	18.11.14
04	Kapitelstruktur berichtigt	Wilken, L	27.05.13
03	Logoänderung	Baumann	09.08.12
02	Werksnorm überarbeitet	Wilken, L	23.06.11
01	Ersteller	Wilken, L	16.06.09
<b>Index</b>	<b>Benennung</b>	<b>Name</b>	<b>Datum</b>

**Freigabe:**

Diese Werksnorm ist nur im Intranet der Broetje-Automation gültig und freigegeben. Ausdrücke und lokal gespeicherte Kopien sind zu prüfen. Sie unterliegen nicht dem Änderungsdienst.  
Die Internetseite [www.broetje-automation.de](http://www.broetje-automation.de) dient als zusätzliche Quelle für Werksnormen für Externe.

# 1 Allgemeine Gestaltungsgrundsätze

## 1.1 Werkstoffe

Standardwerkstoffe für Schweißbauteile sind der Werksnorm BN20.010 zu entnehmen.

### CDB Materialauswahlliste

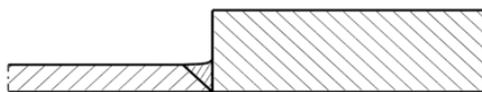
Für die Materialauswahl ist generell die Auswahlliste des CATIA - Standardtool zu verwenden. Sollen andere als die dort angegebenen Werkstoffe verwendet werden, ist der SFI hinzuzuziehen.

Bei speziellen Stahlwerkstoffen wie z.B. X5CrNi18-10 (1.4301) ebenfalls SFI hinzuziehen.

**Achtung bei ALUMINIUM!** Selbst bei fachgerechter Schweißausführung neigen Al-Legierungen zu deutlicher Entfestigung in der Wärmeeinflusszone. Auch verstärkte Porenbildung im Schweißgut ist möglich. Je höher legiert der Aluminiumwerkstoff ist, desto größer ist die Rissgefahr (Heißrissneigung). Aluminium-Druckguss ist nicht schweißbar.

## 1.2 Auf stetigen Kraftfluss achten!

Jede Richtungsänderung des Kraftflusses führt zum Entstehen von Spannungsspitzen (Kerbwirkung), die umso höher sind, je stärker der Kraftfluss gestört ist. Bei ruhender Belastung können durch Kerben entstandene Spannungsspitzen durch Plastizierbarkeit des Werkstoffes abgebaut werden. Bei dynamischer Beanspruchung ist dies jedoch nicht möglich. Die Kerbe kann zum Ausgangspunkt eines Dauerbruchs führen. Stumpfnähte sind vorzuziehen. Kehlnähte am T-Stoß als Doppelnäht ausführen. Krasse Querschnittssprünge sind zu vermeiden.



Ungünstiger Kraftfluss



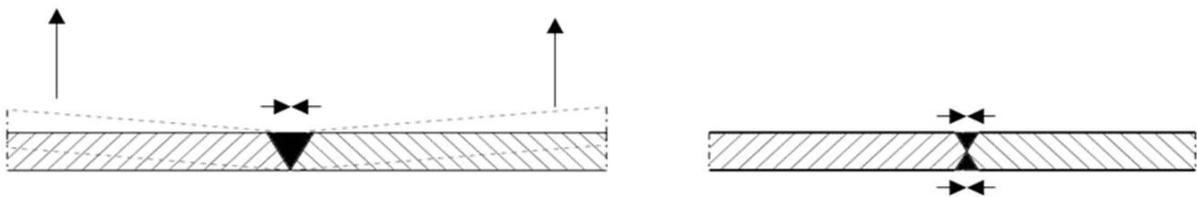
besserer Kraftfluss ( 1:4 oder flacher)

### 1.3 Möglichkeiten um Verzug im Schweißbauteil zu minimieren

Jede Schweißnaht verzieht sich. Je Größer die Schweißnaht ist, umso mehr muss auf Verzug geachtet werden. Einen „Sprung nach oben“ machen Schweißnähte sobald Einseitig mehrlagig geschweißt werden muss (ab 6mm), deshalb sollte ab 6mm Starke Nähten der Konstrukteur Methoden anwenden um Verzug im Bauteil zu minimieren, wenn dies erforderlich ist. Hierfür gibt es mehrere einfache Möglichkeiten den Verzug konstruktiv zu minimieren:

#### A. Schweißnähte symmetrisch anordnen

Einseitiger Verzug bzw. Verdrehung wird vermieden und damit notwendige Richtarbeiten minimiert, sie eignen sich für hochbelastete Schweißnähte

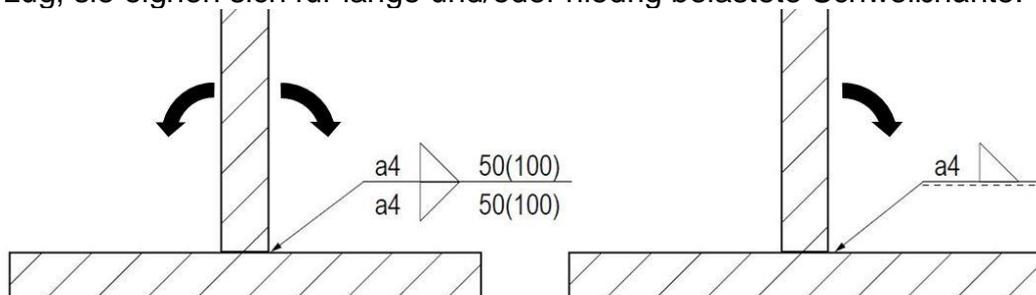


#### B. Nahtanhäufungen und Nahtkreuzungen vermeiden!

Nahtanhäufungen sind grundsätzlich nicht erlaubt. Wenn sie trotzdem genutzt werden müssen, weil es sich konstruktiv nicht anders lösen lässt, haben sie eine ähnliche Auswirkung, wie mehrlagige Schweißnähte auf den Verzug.

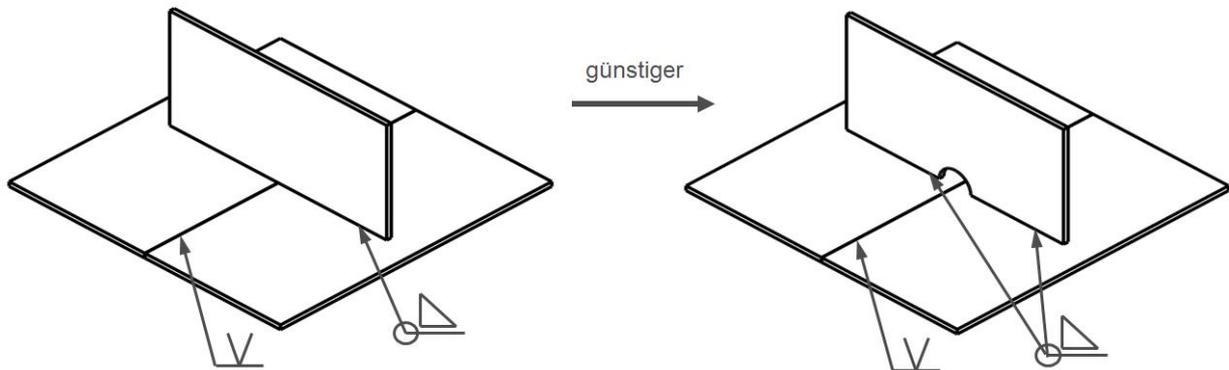
#### C. Unterbrochene Schweißnähte nutzen

Unterbrochene Schweißnähte reduzieren die Wärmeeinbringung und dadurch auch den Verzug, sie eignen sich für lange und/oder niedrig belastete Schweißnähte.



## 1.4 Gestaltung von Nahtkreuzungen

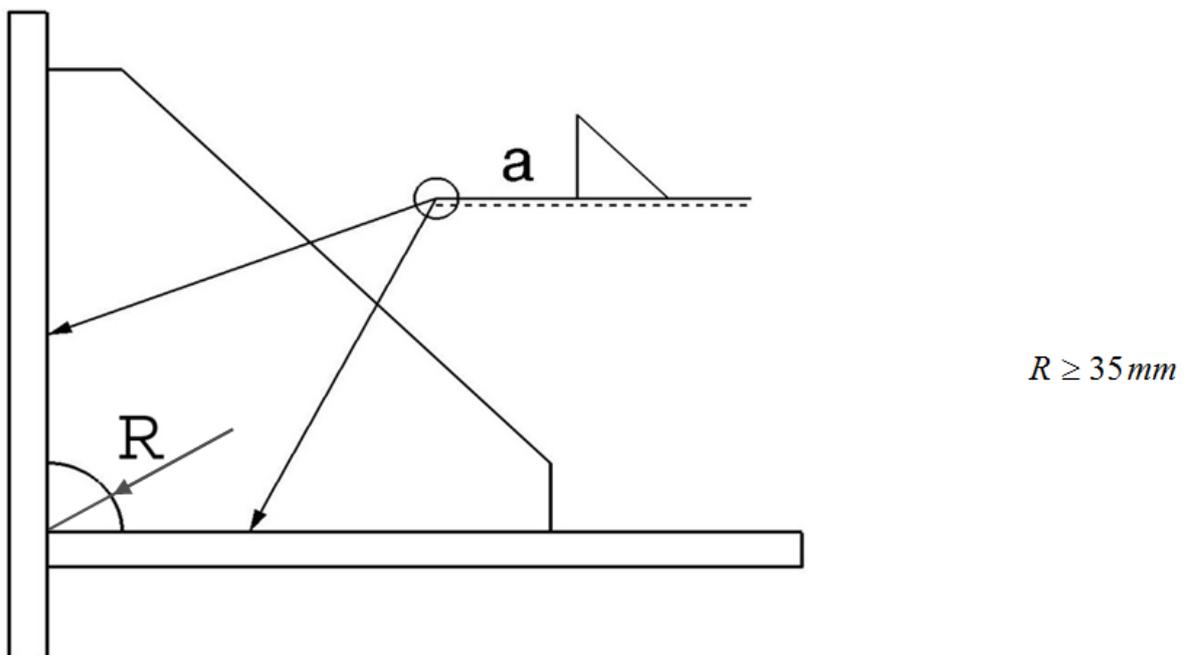
Nahtanhäufungen und Nahtkreuzungen sind zu vermeiden.



## 1.5 Trägesteifungen

Die wirtschaftliche Ausnutzung des Werkstoffes, erfordert bei Biegeträgern die Verwendung dünner Stegbleche. Die damit verbundene Gefahr des Beulens wird durch die Anordnung von Aussteifungen behoben.

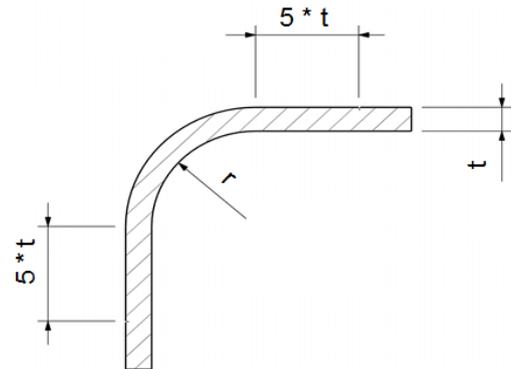
An Aussteifungs- und Eckblechen ist ein genügend großer Freischnitt zu lassen. Ein kreisförmiger Freischnitt ist einem geraden Eckabschnitt vorzuziehen, weil dieser leichter zu umschweißen und spannungsgünstiger ist.



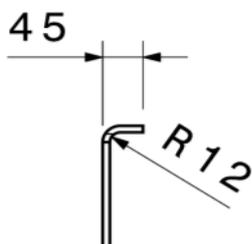
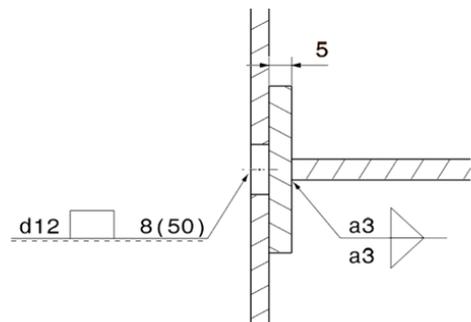
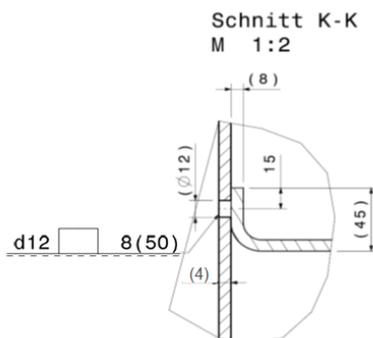
## 1.6 Schweißen in kaltgeformten Bereichen

Wenn in kaltgeformten Bereichen einschließlich der angrenzenden Bereiche der Breite  $5 \cdot t$  geschweißt wird, sind die Grenzwerte  $\min (r/t)$  entsprechend der unten stehender Tabelle einzuhalten. Zwischen den Werten der Zeilen 1 bis 5 darf linear interpoliert werden. Die Werte der Umformgrade entsprechend unten stehender Tabelle brauchen nicht eingehalten werden, wenn kaltgeformte Teile vor dem schweißen normalgeglüht werden.

	1 max t mm	2 min (r/t)
1	50	10
2	24	3
3	12	2
4	8	1,5
5	4	1
6	< 4	1



- Alternativen zum Schweißen im kaltgeformten Bereich



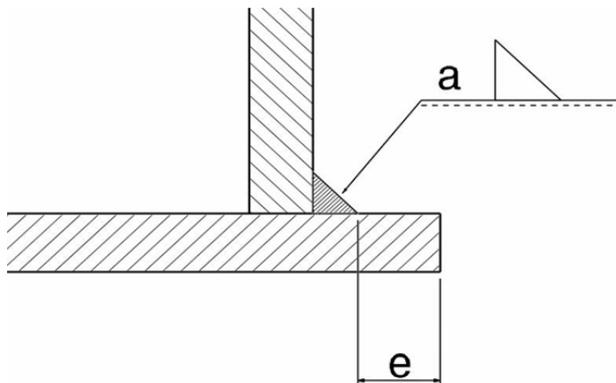
Übliche Schottblechkonstruktion bei BA. Hier wird im kaltgeformten Bereich geschweißt. Es gilt die Tabelle für das Schweißen im kaltgeformten Bereich

$$\left(\frac{R}{t}\right)_{\min} \geq 1,5$$

zulässig

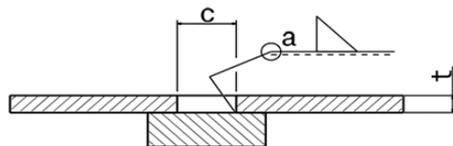
$$\left(\frac{12\text{mm}}{8\text{mm}}\right) = 1,5$$

### 1.7 Randabstand



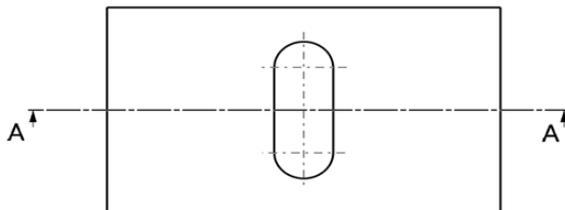
Der Randabstand sollte  $e \geq 2 \times a$  betragen

### 1.8 Langlochsweißungen, Langlochbreite



SchnittA-A

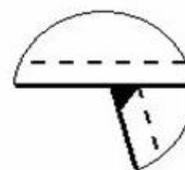
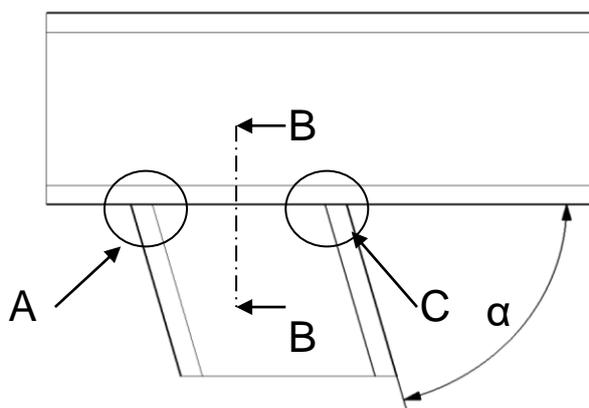
Bei Kehlnähten in Langlöchern ist eine Langlochbreite von  $c \geq 3 \times t$  vorzusehen



### 1.9 Anschlusswinkel von Schweißbauteilen

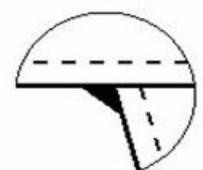
Eine Kehlnaht ist immer anderen Nähten vorzuziehen, da sie einfacher herzustellen ist als andere Nahtarten und weniger Qualitätsprobleme bereitet.

Bei Anschlüssen von Profilen untereinander sind die Bereiche A, B und C zu unterscheiden.



Detail A

Bild 1



Detail A

Bild 2

Im Bereich A:

Bei einem Winkel von 90-120° muss eine Kehlnaht gesetzt werden. Ab 121° darf keine Kehlnaht genutzt werden, hier muss zum Beispiel eine V-Naht oder HY-Naht genutzt werden.

Im Bereich B:

Bei einem Winkel von 90° ist grundsätzlich eine Kehlnaht zu nutzen, wenn dies konstruktiv umsetzbar ist.

Im Bereich C:

Bei einem Winkel von 60-90° muss eine Kehlnaht gesetzt werden. Unter 59° darf keine Kehlnaht genutzt werden, hier muss stattdessen z.B. eine V-Naht gesetzt werden.

### **1.10 Hinweise für den konstruktiven Aufbau**

Wenn nichts anderes konstruktiv oder statisch gefordert wird, sind folgende Hinweise zu beachten:

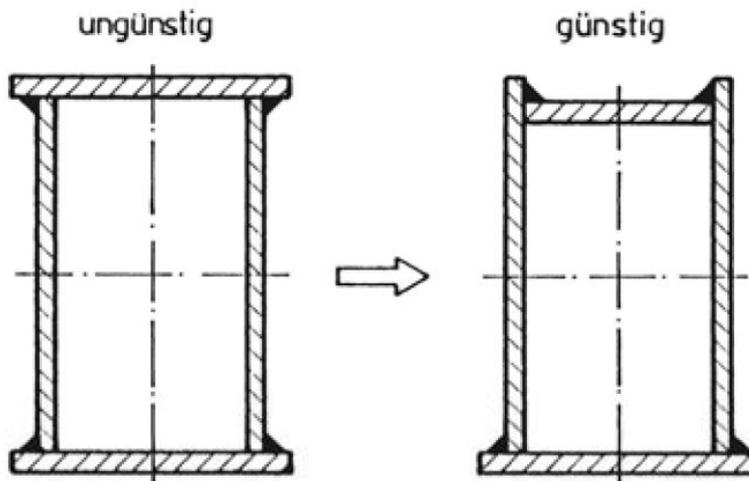
Es sind die Allgmeintoleranzen für Schweißkonstruktionen nach DIN EN ISO 13920 anzuwenden:

- Für Längen- und Winkelmaße Toleranzklasse B
- Für Gerade-, Ebenheits u. Parallelitätstoleranzen Toleranzklasse F

Bei geschlossenen Querschnitten sind Entlüftungsbohrungen vorzusehen (Ø8mm bei Stahl, Ø6mm bei Alu)

Kehlnähte und Stumpfnähte mit Badsicherung sind anderen Nähten vorzuziehen.

Alle Nähte sollten möglichst in einer Aufspannung zu schweißen sein. Dabei sind die wichtigsten Nähte parallel zu den Hauptachsen des Werkstücks zu legen.



Schweißnähte sollten so dünn wie möglich ausgeführt werden (zu große Nähte führen zu Verzug und großen Schrumpfkraften)

Vermeidung von Schweißnähten abgekanteter Profile

Arbeitsplatz des Schweißers planen, auf gute Zugänglichkeit der Schweißnähte achten

Spitze Winkel, enge Spalte und kleine Öffnungswinkel vermeiden.

### 1.11 Rahmen und Rahmentragwerke

**Konstruktionen aus offenen Querschnitten (keine Torsion und vorwiegend ruhende Beanspruchung).**

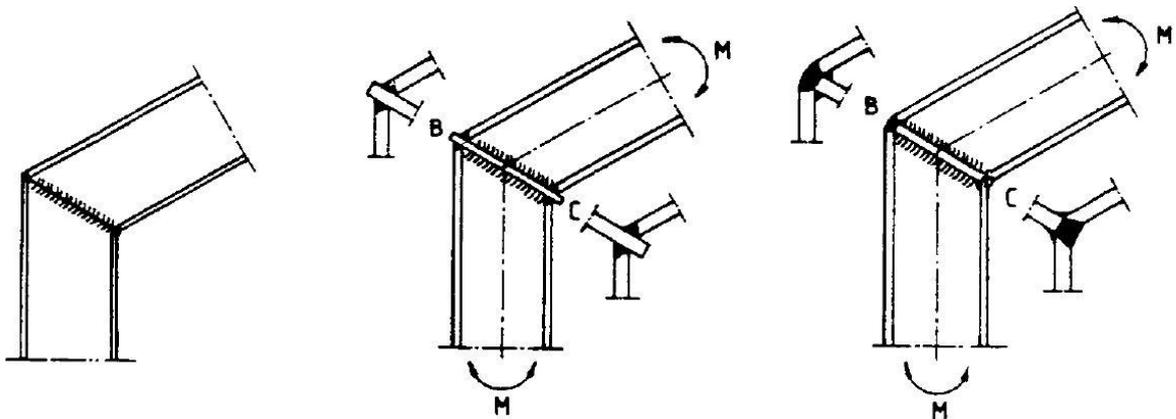
Vorteile:

- Anschlüsse können einfach konstruiert und gefertigt werden.
- Leere Kammern können für Installationen genutzt werden.
- Standardwalzprofile können mehrmals genutzt werden. (z.B. DIN 1025-1 bis 4)

Nachteile:

- geringes Flächen- bzw. Widerstandsmoment in einer Richtung.
- Konservierung aufwendiger.

Konstruktive Beispiele für gering ausgelastete Rahmenecken



Gehrungsschnitt mit Stumpfnah (links)

Gehrungsschnitt mit Kreuzstoß und Kopfpatte (Mitte)

Gehrungsstoß mit 3-Blechnah (rechts), nicht empfohlen

Bei Hochbelasteten Rahmenecken müssen andere Rahmenecken genutzt werden!

### Konstruktionen aus geschlossenen Profilen (Torsion beanspruchte Rahmen).

Für Schweißkonstruktionen aus geschlossenen Profilen müssen grundsätzlich warmgefertigte Hohlprofile (DIN EN 10210) verwendet werden.

Vorteile:

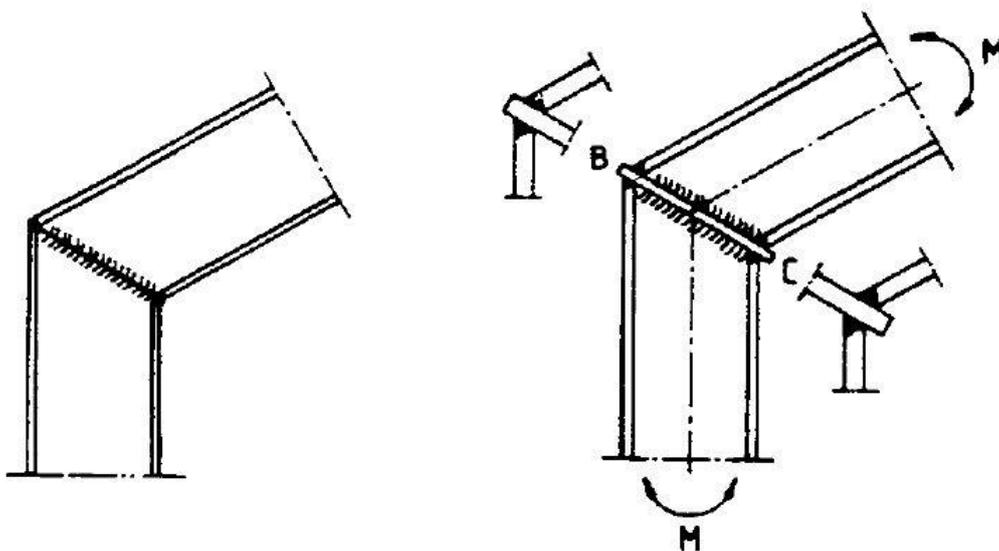
- nahezu gleiches Flächenträgheits- und Widerstandsmoment in beide Richtungen.
- Konservierung einfacher.

-

Nachteile:

- Anschlüsse sind aufwendig zu konstruieren und zu fertigen.
- Hohe Materialkosten (um Faktor 2 höher als bei Walzprofilen)

Konstruktive Beispiele für gering ausgelastete Rahmenecken

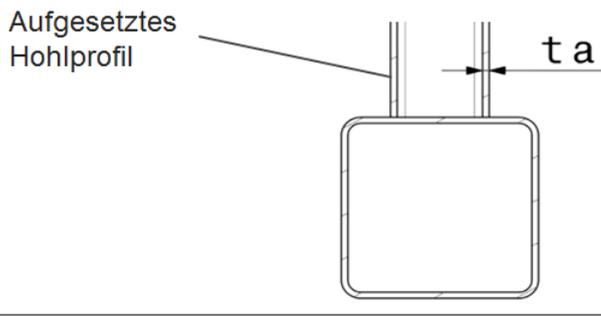


Gehrungsschnitt mit Stumpfnah (links)

Gehrungsschnitt mit Kreuzstoß und Kopfpatte (rechts)

Bei hochbelasteten Rahmenecken müssen andere Rahmenecken genutzt werden!

Bei aufgesetzten Hohlprofilen muss die Schweißnahtdicke gleich der des aufgesetzten Profils sein: mindestens jedoch  $a/2$

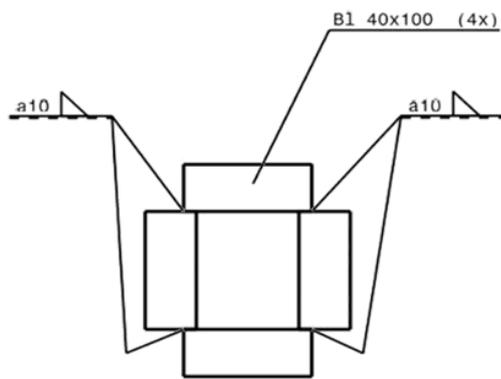


### 1.12 Kastenträger

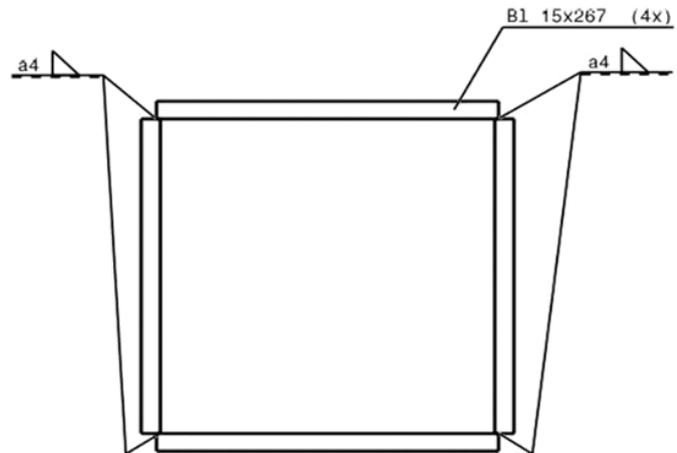
Wenn besondere Anforderungen an die Steifigkeit eines Trägers gefordert sind, empfiehlt sich eine Ausführung in Kasten- oder Zellenbauweise, bei der die Querschnitte der einzelnen Bleche verkleinert oder vergrößert werden können.

Vorteile:

- kleinere Schweißnahtdicken d.h. Einsparung von Schweißgut
- dem Werkstück wird weniger Wärme beim Schweißen zugeführt d.h. weniger Verzug
- Kostensenkung durch Wegfall von Dickenaufpreise bei Verwendung von Blechstärken bis  $t = 25$  mm
- die Gefahr des Sprödbruches infolge mehrachsiger Spannungszustände in großen Blechquerschnitten wird entgegengewirkt
- Gewichtsersparnis



Ungünstige  
Querschnittsgestaltung bei  
Zugbeanspruchung

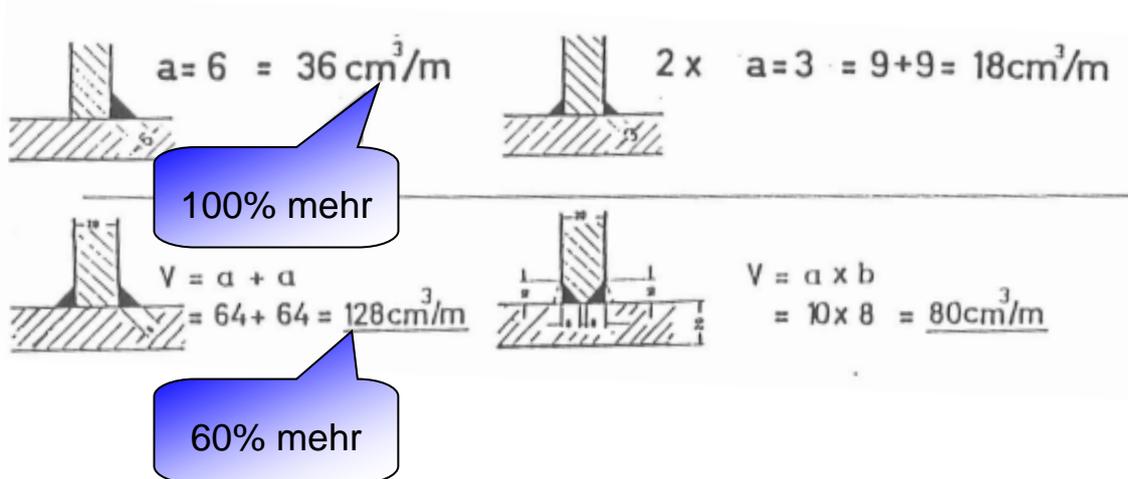


Günstigere  
Querschnittsgestaltung bei  
Zugbeanspruchung

### 1.13 Kostengünstige Gestaltung

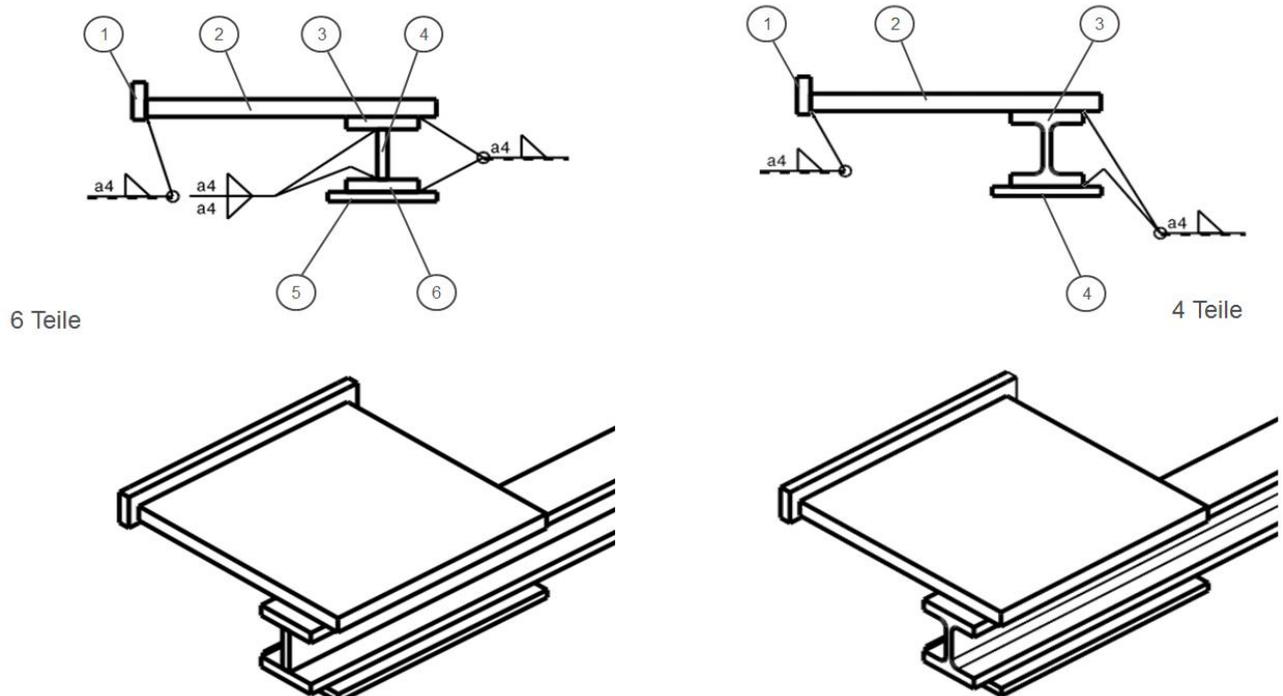
Die Herstellung von Schweißbauteilen mit identischer Funktion, kann von den Kosten je nach Konstruktion sehr stark variieren.

#### Kosten durch die Nahtgestaltung:



#### Kosten durch die Profilwahl:

Grundsätzlich sind Profile bevorzugt zu nutzen, um die Anzahl der Schweißnähte zu minimieren



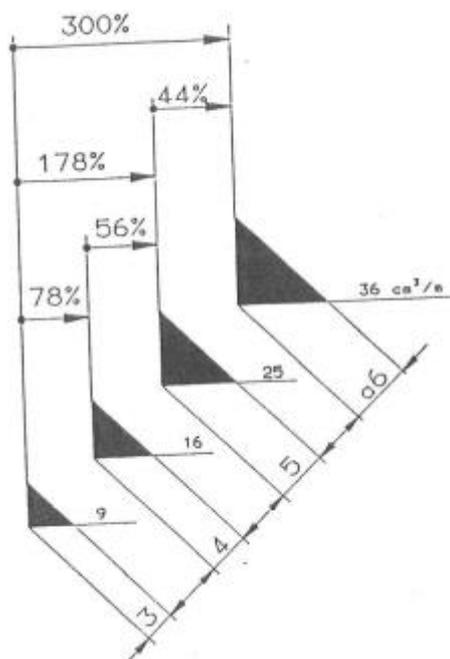
## Unterbrochene Nähte

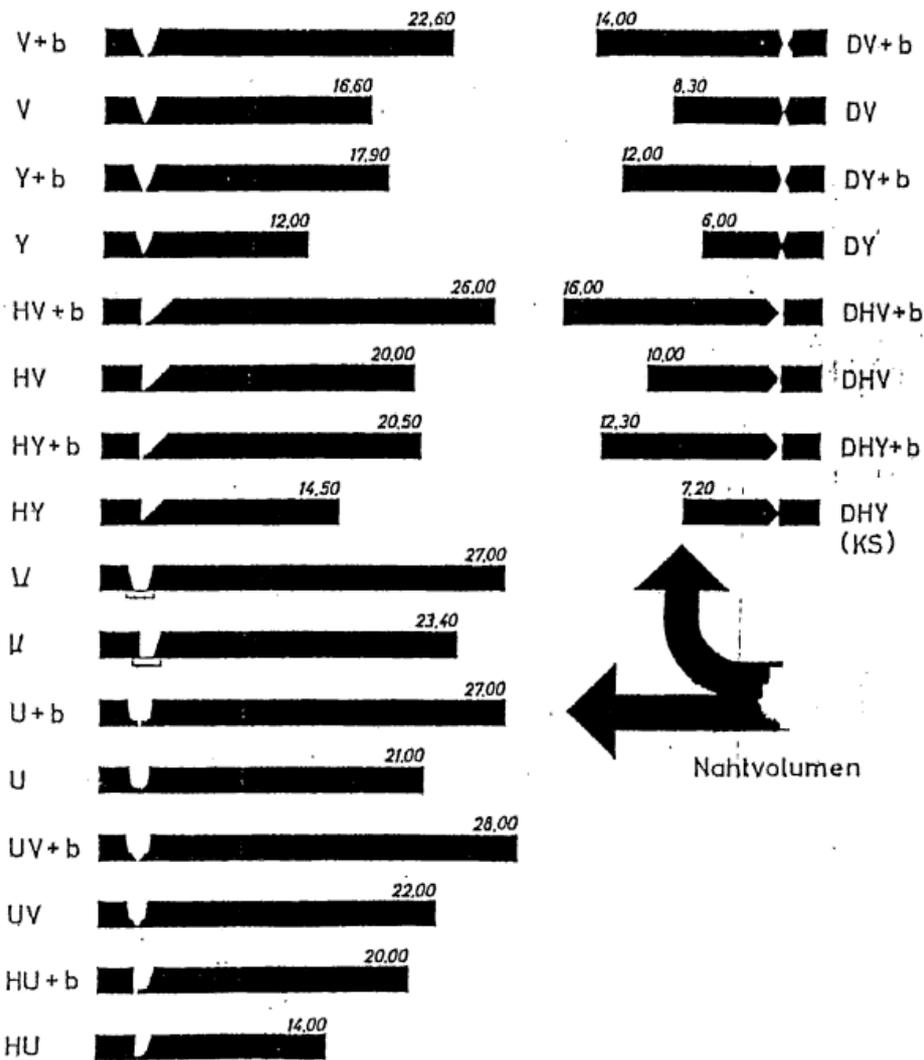
Wenn die Naht, mechanisch nicht voll ausgenutzt wird, kann durch eine unterbrochene Naht bis zu 75% vom Schweißgut eingespart werden.

## Wahl der Schweißnaht

Grundsätzlich sind I-Nähte und Kehlnähte zu bevorzugen, da bei diesen Nähten kaum Nahtvorbereitung für den Fertiger anfallen.

## Wahl der nötigen Nahtdicke und Nahtform





### Wahl gängiger Stahlprofile

Nicht jedes Profil ist Standardware. Bei der Wahl von nicht typischen Profilen, muss der Einkauf mit einbezogen werden.

## 2 Auslegung / Berechnung

Bei der Auslegung von Schweißteilen wird zwischen verschiedenen Normen unterschieden:

- Tragwerke nach DIN EN 1090 -> Kap.2.1
- Maschinenbauteile nach EN ISO 3834 -> Kap. 2.2

Bei den bei BA üblichen Schweißteilen handelt es sich im Allgemeinen um Maschinenbauteile die nach der EN ISO 3834 gefertigt und geprüft werden müssen. Ausnahmen stellen hier Tragwerke dar die im folgenden Kapitel näher definiert sind.

### 2.1 Tragwerke nach DIN EN 1090

#### 2.1.1 Definition Tragwerk

Eine Konstruktion wird erst dann zu einem Tragwerk, wenn Kräfte aus der Umwelt in das Fundament direkt oder indirekt übertragen werden oder dasselbe Fundament wie die Halle genutzt wird.

**Nur** bei Tragwerken darf und **muss** nach DIN EN 1090 zertifiziert werden.

Beispiele:

a) Außenbereich:

- Brücken
- Geländer
- Wehre
- Flusseinfriedungen
- Außenstehende Masten
- Außenstehende Treppen

b) Innenbereich

- Konstruktion steht auf Gebädefundament
- Konstruktion hängt an der Hallendecke
- Konstruktion stützt sich an die Hallenwand

#### 2.1.2 Einstufung nach EXC

Es gibt unterschiedliche Einstufungen für die DIN\_EN 1090, welche vom Konstrukteur nach folgenden Kriterien zu wählen ist.

SC1: vorwiegend ruhende Belastung;

SC2: nicht vorwiegend ruhende Belastung.

Wahl der Herstellungskategorie:

PC1: nicht geschweißte Komponenten; geschweißte Komponenten aus Stahl mit einer Streckgrenze von unter 355 MPa.

PC2: geschweißte Komponenten aus Stahl mit einer Streckgrenze größer oder gleich 355 MPa.

Wahl der Schadensfolgeklasse:

CC1: niedrige Folgen für Menschenleben und kleine oder vernachlässigbare wirtschaftliche Folgen. Untergeordnete Konstruktionen. Mögliche Beispiele: Wartungstreppe, Zäune.

CC2: Mittlere Folgen für Menschenleben, beträchtliche wirtschaftliche Folgen. Gewöhnliche Konstruktionen. Mögliche Beispiele: Treppen, Bühnen.

CC3: Hohe Folgen für Menschenleben. Sehr große wirtschaftliche Folgen. Außergewöhnliche Konstruktionen. Mögliche Beispiele: Stadien, Bürogebäude.

Die Wahl der Ausführungsklassen liegt in der Zuständigkeit des verantwortlichen Konstrukteurs. Die Wahl der Ausführungsklassen EXC3 oder EXC4 ist vom verantwortlichen Konstrukteur vollständig zu dokumentieren.

Wahl Ausführungsklasse

	CC1		CC2		CC3	
	SC1	SC2	SC1	SC2	SC1	SC2
PC1	EXC1	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3	EXC3
PC2	EXC2	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3	EXC4

Bei BA werden üblicherweise nur Konstruktionen nach EXC 1 und EXC 2 gefertigt.

## 2.2 Maschinenbauteile nach 3834

### 2.2.1 Bauteilkategorien

Kategorie 1: Nähte mit ausschließlich Verbindungsfunktion, bzw. Dichtfunktion, z.B. Abdeckhauben, Sensorhalter

Kategorie 2: normale Schweißnähte, Nähte die eine zumindest statische Kraftübertragungsfunktion im Bauteil haben

Kategorie 3: stark belastete Nähte. Nähte die bei Versagen zu erheblichen, u.U. menschlichen Schäden führen.  
Eventuelle konstruktive Maßnahme: Sicherheitsfaktor 2

Ein zu fertigendes Bauteil ist in die höchste Kategorie der insgesamt zu schweißenden Nähte einzustufen.

## **2.2.2 Betriebliche Voraussetzungen zur Bauteilfertigung**

- Kategorie 1: DIN EN ISO 3834-4 / 1090-2/-3 EXC1  
/ keine Zulassung, aber geprüfte Schweißer  
Kategorie 2: DIN EN ISO 3834-3 / 1090-2/-3 EXC2  
Kategorie 3: DIN EN ISO 3834-2 / 1090-2/-3 EXC3 u. EXC4

Die Einstufung des Gesamtbauteils in eine Qualitätsanforderung nach DIN EN ISO 3834 entspricht der Schweißnaht mit der höchsten Kategorie.  
Das Bauteil ist im Weiteren vom Konstrukteur nach seinem technischen Anspruch einzustufen.

Einstufung wie folgt:  
DIN EN ISO 3834-4: elementare Qualitätsanforderungen  
DIN EN ISO 3834-3: Standard-Qualitätsanforderung  
DIN EN ISO 3834-2: umfassende Qualitätsanforderungen

## **2.2.3 Bauteilprüfung**

- Kategorie 1: 100% VT mit Bewertungsgruppe D nach DIN EN ISO 5817  
Kategorie 2: 100% VT mit Bewertungsgruppe C nach DIN EN ISO 5817  
Kategorie 3: 100% VT mit Bewertungsgruppe C nach DIN EN ISO 5817 mit möglicher zusätzlicher Zerstörungsfreier Prüfung (Zfp):
- Kehlnaht (FW):  
MT-Prüfung, wenn Nähte zugänglich; im Allgemeinen außen liegende Nähte.
  - Stumpfnähte (BW):  
wenn zugänglich RT-Prüfung. Wenn RT nicht möglich MT und UT-Prüfung

Zusätzliche ZfP-Prüfungen neben der VT-Prüfung bei Nähten der Kategorie 3, müssen im Schweißnahtzeichen der Naht auf der Zeichnung an der entsprechenden Naht benannt werden.

## **2.3 Nahtdicke**

Die Nahtdicke von Kehlnahtverbindungen sollte im Allgemeinen der statischen Berechnung entnommen werden und in der technischen Dokumentation (Zeichnungen) angegeben sein.

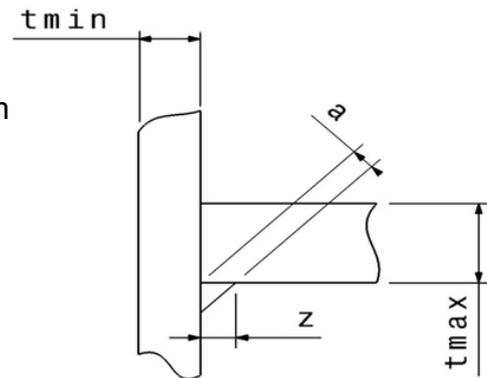
Es sind bestimmte Grenzmaße zu beachten:

Mindestnahtdicken – **a min**

$$a_{\min} = \sqrt{t_{\max}} - 0,5 \quad [mm] \quad \text{Für } t \leq 30 \text{ mm}$$

Maximale Nahtdicke – **a max**

$$a_{\max} = 0,7 * t_{\min}$$



Bei der Ausführung von Kehlnähten ist zu beachten, dass diese Nähte nicht nach dem Grenzmaß  $a_{\max}$  ausgerichtet werden, sondern nur die notwendige rechnerische Dicke aufweisen sollen.

Wenn nichts anderes konstruktiv oder statisch gefordert wird, sind alle Blech-, Hohlprofil-U-, I-, L- Profilstöße und Kombinationen miteinander vollständig und umlaufend zu verschweißen. Lange, gering belastet Schweißnähte können als unterbrochen versetzte Doppelkehlnähte ausgeführt werden.

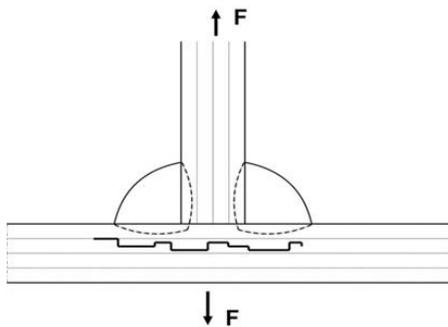
Wenn keine speziellen Nahtdicken gefordert sind, kann in den meisten Fällen vereinfacht mit den Nahtdicken aus folgender Tabelle gearbeitet werden.

Schweißnahtdicken ohne Bemaßung	
Kehlnähte	
Blechdicke $t$ [mm]	Kehlnahtdicke $a$ [mm]
bis 6	3
> 6 - 12	4
> 12 - 15	5
> 15 - 20	6 (multi layer)
> 20 - 30	7
> 30 - 40	8
> 40	10
Stumpfnähte	
Stumpfnähte generell als Vollanschluss ausführen	

Stumpfnähte sind hierbei **immer** als Vollanschluss zu rechnen und auszuführen.

## 2.4 Beanspruchung in Dickenrichtung (Terrassenbruch)

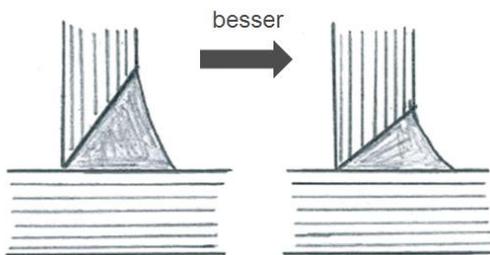
Bei Beanspruchung in Dickenrichtung von Walzerzeugnissen, ist häufig das Formänderungsvermögen gegenüber den Längs- oder Querrichtung vermindert. Ursache hierfür sind die beim Walzen entstehenden schichtweisen Anordnungen von nichtmetallischen Einschlüssen parallel zur Oberfläche. Diese Einschlüsse nehmen bei Beanspruchung an der Formänderung nicht im gleichen Maß wie die metallische Matrix teil. Daraus resultiert die Gefahr von Brüchen parallel zur Oberfläche von Walzerzeugnissen.



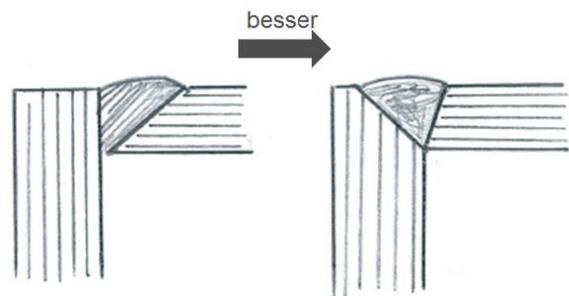
Es können verschiedene Maßnahmen zur Vermeidung von Terrassenbrüchen durchgeführt werden:

### 1. Konstruktive Maßnahmen (favorisierte Lösung)

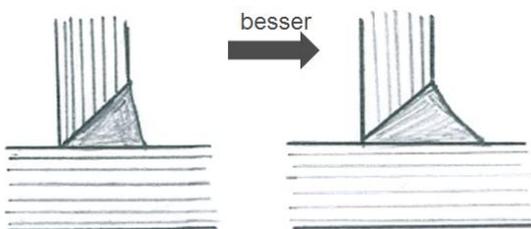
Vermeidung von unnötigen Nahtvolumen:



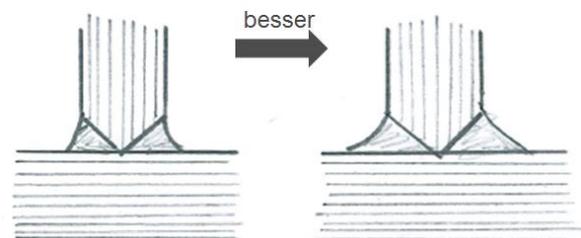
Anschluss über die Dicke des Bleches



Vergrößern der Schweißnahtbasis:



Vergrößern der Schweißnahtbasis:



## 2. Werkstoffbezogene Maßnahmen (teuer und unsicher)

Die werkstoffbezogenen Maßnahmen zielen darauf ab, das Formänderungsvermögen bei Beanspruchung in Dickenrichtung zu verbessern. Insbesondere Stähle mit geringer Brucheinschnürung in Dickenrichtung sind durch Terrassenbruch gefährdet.

In der DIN EN 1993-1-10 (Eurocode 3) Tab.3 sind Kriterien zur Berechnung und Auswahl des erforderlichen Werkstoffes festgelegt.

Ab einer Blechdicke >30mm muss anhand der Tabelle 3.2 der benötigte  $Z_{Ed}$  errechnet werden. Die Terrassenbruchgefahr darf vernachlässigt werden, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

$$Z_{Ed} \leq Z_{Rd}$$

Dabei ist

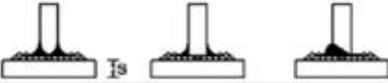
$Z_{Ed}$  = der erforderliche Z-Wert, der sich aus der Größe der Dehnungsbeanspruchung des Grundwerkstoffs infolge behinderter Schweißnahtschrumpfung ergibt.

$Z_{Rd}$  = der verfügbare Z-Wert des Werkstoffs nach EN 10164, d. h. Z15, Z25 oder Z35.

Der erforderliche Z-Wert  $Z_{Ed}$  kann mithilfe folgender Formel und der Tabelle 3.2 aus der DIN EN 1993-1-10 ermittelt werden:

$$Z_{Ed} = Z_a + Z_b + Z_c + Z_d + Z_e$$

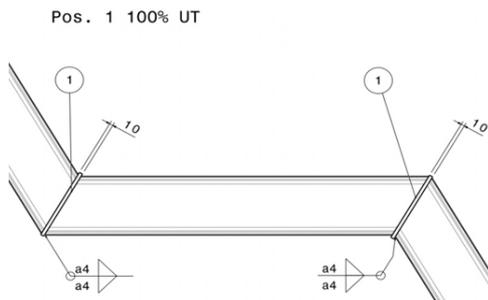
Tabelle 3.2 — Einflüsse auf die Anforderung  $Z_{Ed}$

a)	Schweißnahtdicke, die für die Dehnungsbeanspruchung durch Schweißschumpfung verantwortlich ist	 Effektive Schweißnahtdicke $a_{eff}$ , siehe Bild 3.2 	 Nahtdicke bei Kehlnähten 	$Z_i$
		$a_{eff} \leq 17 \text{ mm}$	$a = 5 \text{ mm}$	$Z_a = 0$
		$17 < a_{eff} \leq 10 \text{ mm}$	$a = 7 \text{ mm}$	$Z_a = 3$
		$10 < a_{eff} \leq 20 \text{ mm}$	$a = 14 \text{ mm}$	$Z_a = 6$
		$20 < a_{eff} \leq 30 \text{ mm}$	$a = 21 \text{ mm}$	$Z_a = 9$
		$30 < a_{eff} \leq 40 \text{ mm}$	$a = 28 \text{ mm}$	$Z_a = 12$
		$40 < a_{eff} \leq 50 \text{ mm}$	$a = 35 \text{ mm}$	$Z_a = 15$
		$50 < a_{eff}$	$a > 35 \text{ mm}$	$Z_a = 15$
b)	Nahtform und Anordnung der Naht in T-, Kreuz- und Eckverbindungen			$Z_b = -25$
		Eckverbindungen 		$Z_b = -10$
		Einlagige Kehlnahtdicke mit $Z_a = 0$ oder Kehlnähte mit $Z_a > 1$ mit Buttern mit niedrigstem Schweißgut 		$Z_b = -5$
		Mehrlagige Kehlnähte 		$Z_b = 0$
		Voll durchgeschweißte und nicht voll durchgeschweißte Nähte mit geeigneter Schweißfolge, um Schrumpfeffekte zu reduzieren 		$Z_b = 3$
		Voll durchgeschweißte und nicht voll durchgeschweißte Nähte 		$Z_b = 5$
		Eckverbindungen 		$Z_b = 8$
c)	Auswirkung der Werkstoffdicke $s$ auf die lokale Behinderung der Schumpfung	$s \leq 10 \text{ mm}$		$Z_c = 2^a$
		$10 < s \leq 20 \text{ mm}$		$Z_c = 4^a$
		$20 < s \leq 30 \text{ mm}$		$Z_c = 6^a$
		$30 < s \leq 40 \text{ mm}$		$Z_c = 8^a$
		$40 < s \leq 50 \text{ mm}$		$Z_c = 10^a$
		$50 < s \leq 60 \text{ mm}$		$Z_c = 12^a$
		$60 < s \leq 70 \text{ mm}$		$Z_c = 15^a$
		$70 < s$		$Z_c = 15^a$
d)	Auswirkung der großräumigen Behinderung der Schweißschumpfung durch andere Bauteile	Schwache Behinderung: Freie Schumpfung möglich (z. B. T-Anschlüsse)		$Z_d = 0$
		Mittlere Behinderung: Freie Schumpfung behindert (z. B. Querschott in Kastenträgern)		$Z_d = 3$
		Starke Behinderung: Freie Schumpfung verhindert (z. B. Längsrippe in orthotroper Fahrbahnplatte)		$Z_d = 5$
e)	Einfluss der Vorwärmung	Ohne Vorwärmung		$Z_e = 0$
		Vorwärmung $\geq 100^\circ\text{C}$		$Z_e = -8$
<sup>a</sup> Darf um 50 % reduziert werden, wenn der Werkstoff in Dickenrichtung vorherrschend statisch und nur durch Druckkräfte belastet wird.				

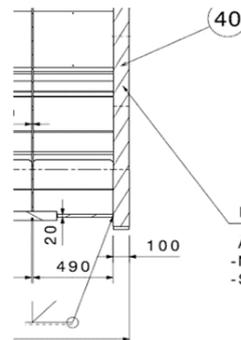
- Beanspruchung in Dickenrichtung, (Dopplungen)

Kopfplatten die in Dickenrichtung auf Zug beansprucht werden, müssen ab einer Nennstärke von 10 mm ultraschallgeprüft sein.

Beispiel 1 : U180 Treppenwange mit Kopfplatten



Beispiel 2:



Platte auf Dopplungen prüfen (Ultraschall)

Alle anschließenden Nähte:  
-Nahtübergang kerbfrei, gegebenenfalls bearbeiten  
-Schweißnahtbewertung nach ISO 5817 Gruppe B

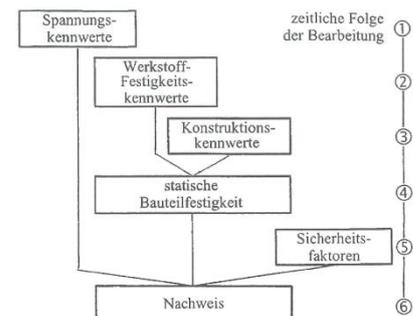
## 2.5 Berechnung Schweißnahtdimension

Bauwerke aus Stahl sind nach DIN EN 1993 „Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten“ auszulegen. Wenn dies nicht zutrifft und auch keine anderen Normen, Vorschriften oder Richtlinien gefordert sind können Schweißnähte mithilfe der aktuellen Ausgabe der FKM-Richtlinie „Rechnerischer Nachweis für Maschinenbauteile“ nachgewiesen werden. Im Folgenden wird diese Richtlinie betrachtet.

Diese beschreibt unter anderem den Nachweis einer definierten Schweißnaht. Für die Schweißnahtdimensionierung wird also im ersten Schritt eine Schweißnahtgeometrie definiert, deren Festigkeit im zweiten Schritt rechnerisch überprüft um dann gegebenenfalls wieder zum ersten Schritt zurückspringen zu müssen.

Die FKM-Richtlinie unterscheidet zwischen statischem Festigkeitsnachweis und Ermüdungsfestigkeitsnachweis. Für die Nachweise werden die im Material auftretenden Spannungen und die zulässigen Spannungen berechnet und gegenübergestellt. Die Berechnungen sind materialabhängig. Die Richtlinie unterscheidet zwischen unterschiedlichen Materialien und zwischen Schweißnaht, Wärmeeinflusszone um die Schweißnaht (bei Aluminium) und Grundwerkstoff. Im Folgenden (innerhalb *Kap. 2.5 Berechnung Schweißnahtdimension*) wird der statische Festigkeitsnachweis für nur für Schweißnähte in Walzstahlerzeugnissen verkürzt beschrieben.

Der statische Festigkeitsnachweis gliedert sich in sechs Arbeitsschritte. Die Grafik auf der rechten Seite entstammt der FKM-Richtlinie, sie stellt die Abhängigkeiten der Arbeitsschritte und den zeitlichen Ablauf der Berechnung dar. Jedem dieser Arbeitsschritte wird im Folgenden ein eigener Abschnitt gewidmet.



## 2.5.1 Spannungskennwerte

Für das Bestimmen der Spannungen werden zwei Möglichkeiten angeboten: Die Berechnung mit Nennspannungen und mit örtlichen Spannungen. Nennspannungen werden meist nach den elementaren Formeln der technischen Mechanik bestimmt. Die Berechnung örtlicher Spannungen erfolgt in der Regel numerisch mit der Finite Elemente Methode (FEM). Im Folgenden wird der Nachweis mit Nennspannungen für stabförmige Bauteile betrachtet.

Der Nachweis mit Nennspannungen ist vorgesehen für (idealisiert) stabförmige Bauteile mit schnittgrößenbezogenen Spannungsarten. Wenn die Schweißnähte eines stabförmigen Bauteils nicht längs oder orthogonal zur Stabachse liegen wird ebenfalls der Nachweis mit örtlichen Spannungen empfohlen.

Zur Bestimmung der Lasten in der Schweißnaht wird der Kraftfluss im Bauteilquerschnitt bestimmt und das Bauteil dafür im Querschnitt geschnitten. Das Koordinatensystem der Schnittfläche ist dabei so ausgerichtet, dass die x-Achse orthogonal zur Schnittfläche liegt. Im Allgemeinen liegen in der Schnittfläche sechs Schnittkräfte und –Momente vor. Aus diesen Schnittgrößen können die in der Schweißnaht-Schnittfläche vorliegenden Nennspannungen hergeleitet werden. Relevant sind die Teile der Schweißnähte an denen die Spannungen maximal werden. Die Schweißnaht-Geometrien sind als vereinfachte Geometrien zu berücksichtigen. Dafür wird das a-Maß als Nahtbreite angesetzt.

Querschnittkräfte- und Momente		Korrespondierende Spannung in Schweißnaht	
$F_{zd}$	Kraft in x-Richtung	$F_{zd}/A$	
$M_{by}$	Biegemoment um y-Achse	$M_{by}/I_y * z$	
$M_{bz}$	Biegemoment um z-Achse	$M_{bz}/I_z * y$	
$Q_{sy}$	Querkraft in y-Richtung	$Q_{sy} * S_y(y)/(I_y * t_y)$	*1
$Q_{sz}$	Querkraft in z-Richtung	$Q_{sz} * S_z(z)/(I_z * t_z)$	*1
$M_t$	Moment um x-Achse	$M_t/I_p * r$	

A Schweißnahtquerschnitt

$I_y, I_z$  Flächenträgheitsmoment des Gesamtquerschnitts um y- bzw. z-Achse

y, z Position der Schweißnaht auf der y bzw. z-Achse (bezogen auf Flächenschwerpunkt)

$S_y(y), S_z(z)$  Ortsabhängige statische Momente. Der Ort ist die Lage der Schweißnaht (y oder z). Teilt die Schweißnaht einen Teil der Schnittfläche komplett ab, dann sei b der Abstand vom Schwerpunkt der abgeteilten Fläche zum Gesamtflächenschwerpunkt und A sei die Größe der abgeteilten Fläche und es gilt:

$$S = b * A$$

$t_z, t_y$  Summe der Breiten der Schweißnähte im Querschnitt, über den die Querkraft übertragen wird (entweder a-Maß oder Länge)

$I_p$  Polares Flächenträgheitsmoment

r Abstand der Schweißnaht vom Gesamtflächenschwerpunkt

\*1 In unmittelbaren Stabanschlüssen (die Schweißnahtlinie liegt genau in der Schnittfläche) scheint die Schubspannung (nicht nach FKM) vereinfacht berechnet zu werden. Bei dieser Berechnung ist A die Gesamtschnittfläche der Schweißnähte, deren Lage geeignet ist, die Querkraft Q zu übertragen. Folgende Näherungsformel scheint üblich:

$$S = Q/A$$

Die Schweißnahtspannungen werden nach einem Koordinatensystem benannt, dessen x-Achse in der Schweißnahtlinie liegt. Dieses System ist im Allgemeinen rotiert gegenüber dem Koordinatensystem des Gesamtquerschnitts. Die FKM-Richtlinie nennt folgende Spannungen:

- $S_{\perp zd}$  Normalspannung orthogonal zur Nahtlinie (meist aufgrund Zug/Druck auf Kontaktfläche zwischen Schweißnaht und Grundwerkstoff). Die Spannung ist über die Nahtlänge konstant.
- $S_{\perp by}$  Normalspannung orthogonal zu Nahtlinie aufgrund Biegung.  $S_{\perp by}$  hängt linear von der x-Koordinate der Naht ab.
- $S_{\perp bz}$  Normalspannung orthogonal zu Nahtlinie aufgrund Biegung.  $S_{\perp bz}$  hängt linear von der x-Koordinate der Naht ab.
- $T_{\perp}$  Schubspannungen orthogonal zur Naht. In Kehlnähten können diese als  $S_{\perp zd}$  angesetzt werden. Für Stumpfnähte werden  $T_{\perp}$  in der FKM-Richtlinie nicht erwähnt.  $T_{\perp}$  sollte für Stumpfnähte deshalb bevorzugt über andere Nähte nachgewiesen werden, ansonsten ist sind  $T_{\perp}$  unter  $T_{\parallel}$  zu berücksichtigen.
- $T_{\parallel}$  Schubspannungen parallel zur Schweißnaht.
- $S_{\parallel}$  Normalspannungen entlang der Schweißnaht.  $S_{\parallel}$  werden beim Nachweis nicht berücksichtigt.  $S_{\parallel}$  treten beispielsweise in Biegebalken mit längs laufender Schweißnaht auf.

Für den weiteren Rechengang werden  $S_{\perp zd}$ ,  $S_{\perp by}$ ,  $S_{\perp bz}$  und  $T_{\parallel}$  benötigt. In  $S_{\perp zd}$  und  $T_{\parallel}$  könnten mehrere Spannungen unterschiedlicher Auslastung einfließen. Die FKM-Richtlinie macht keine Angabe, wie diese zu verrechnen sind. Der konservativste Weg zum Verrechnen der Spannungen ist für Walzstahl, von allen Spannungen die Beträge zu nutzen und diese (innerhalb von  $S_{\perp zd}$  und  $T_{\parallel}$ ) zu addieren. Dies funktioniert, da die Beträge der zulässigen Zug- und Druckbeanspruchung für Walzstahl identisch sind.

### 2.5.2 Werkstoffkennwerte

Werkstoffkennwerte sind abhängig vom verwendeten Material und den Dimensionen des verwendeten Halbzeugs. Die wichtigsten Kennwerte sind die Zugfestigkeit ( $R_m$ ) und die Streckgrenze ( $R_e$ ). Diese sind nicht nur abhängig vom Werkstoff, sondern beispielsweise auch von der Erzeugnisdicke und der Betriebstemperatur.

Für Zugfestigkeit und Streckgrenze sind die Werte des Grundwerkstoffs zugrunde zu legen, also die Werte der zu verschweißenden Teile. Grundlage hierfür ist DIN 18800. Beispiel:

Werkstoffsorte	t [mm]	$R_e$ [MPa]	$R_m$ [MPa]
S355	...40	360	470
	40...100	335	

Die Schubfestigkeit ist bei Stahlbauteilen gegenüber der Zugfestigkeit reduziert. Für Walzstahl gilt für den Schubfestigkeitsfaktor  $f_t$ :

$$f_t = 0,577$$

Bei Einfluss extremer Temperaturen werden  $R_e$  und  $R_m$  mit Temperaturfaktoren multipliziert. Beim Einsatz von Temperaturen zwischen  $-40^{\circ}$  und  $+60^{\circ}\text{C}$  sind diese Faktoren alle =1.

### 2.5.3 Konstruktionskennwerte

Konstruktionskennwerte werden für einen konkreten Lastfall in einer konkreten Konstruktion bestimmt. Dabei ist jede Spannungsart aus Kapitel 2.5.1

*Spannungskennwerte* ein eigener Lastfall, für den eigene Konstruktionsfaktoren bestimmt werden.

Für Stahlbauteile sind zwei Faktoren relevant: Erstens die plastische Stützzahlen  $n_{pl,by}$  und  $n_{pl,bz}$  zur Ausschöpfung von Tragreserven, zweitens der Schweißnahtfaktor  $\alpha_w$ , der die Abminderung der Festigkeit der Schweißnaht im Vergleich zum benachbarten Werkstoff beschreibt.

Die folgenden Tabellen stammen aus der FKM-Richtlinie. Ihre Nutzung wird unten erläutert.

Tabelle 1.3.3 Plastische Formzahlen für geschweißte Bauteile (in Anlehnung an DIN 18800).

Querschnittsform	Biegung $K_{p,b}$
I, y-Achse (Querachse)	1,14
I, z-Achse (Hochachse), Platte	1,25
Kasten, y-Achse <sup>↗7</sup>	<sup>↗8</sup>
Kreisring	1,27 <sup>↗9</sup>

<sup>↗7</sup> z-Achse sinngemäß

$$\text{↗8 } K_{p,b} = 1,5 \cdot \frac{1 - (b/B) \cdot (h/H)^2}{1 - (b/B) \cdot (h/H)^3}, \text{ aber maximal } 1,25 \quad (1.3.9)$$

b, B innere und äußere Breite, h, H innere und äußere Höhe.

<sup>↗9</sup> dünnwandig,  $1,27 = 4 / \pi$

Tabelle 1.3.4 Schweißnahtfaktor  $\alpha_w$  für Stahl

Naht	Nahtgüte <sup>↗1</sup>	Spannungsart	S235 GS200 GS240 G17Mn5+QT	S275 P275	S355 P355 G20Mn5+N G20Mn5+Q	S420 S460 S460	S690
			durch- oder gegengeschweißt	nachgewiesen nicht nachgewiesen	Druck Zug oder Schub	1,0	1,0
nicht durchgeschweißt oder Kehlnaht	alle	Druck/ Zug oder Schub	0,95	0,85	0,8	0,7	0,55

<sup>↗1</sup> Die Nahtgüte ist nachgewiesen, wenn bei einem Prüfumfang von 10% der Nähte der Befund der Durchstrahlungs- oder Ultraschallprüfung einwandfrei ist.

### 2.5.3.1 Plastische Stützzahl

Für die Zulässigkeit der Plastifizierung, also für den Einsatz der plastischen Stützzahl, sind mehrere Voraussetzungen zu erfüllen:

- Nur bei Spannungsarten  $S_{\perp,by}$ ,  $S_{\perp,bz}$
- Nähte entweder durchgeschweißt oder querschnittsdeckend (beispielsweise Doppelkehlnaht)

Die plastische Stützzahl ist material- und geometrieabhängig. Sie wird mit den Querschnittabmessungen der Bleche berechnet. Die linke Tabelle der vorhergehenden Abbildung nennt die plastische Stützzahl für typische Querschnitte. Der Rechenweg für die Bestimmung der plastischen Stützzahl bei anderen Querschnitten wird hier nicht aus der FKM-Richtlinie abgeschrieben.

### 2.5.3.2 Schweißnahtfaktor

Der Schweißnahtfaktor  $\alpha_w$  kann in der vorhergehenden Abbildung aus der rechten Tabelle abgelesen werden.

### 2.5.4 Bauteilfestigkeit

Die Werte der statischen Bauteilfestigkeit sind wie folgt für jede Spannungsart einzeln zu berechnen.

Spannungsart	Bauteilfestigkeit
$S_{\perp,zd}$	$S_{SK\perp zd} = R_p * \alpha_w$
$S_{\perp,by}$	$S_{SK\perp by} = R_p * \alpha_w * n_{pl,by}$
$S_{\perp,bz}$	$S_{SK\perp bz} = R_p * \alpha_w * n_{pl,bz}$
$T_{\parallel}$	$S_{\parallel} = R_p * \alpha_w$

## 2.5.5 Sicherheitsfaktoren

Die hier genannten Sicherheitsfaktoren sollen zu einer Überlebenswahrscheinlichkeit von 97,5 % führen. Der Gesamtsicherheitsfaktor  $j$  ist ein Produkt aus zwei Teilsicherheitsfaktoren: dem Lastfaktor  $j_s$  und dem Materialfaktor  $j_F$ .

$$j = j_s * j_F$$

Die auftretenden Betriebslasten sollten immer konservativ (also zu hoch) angenommen werden. In diesem Fall gilt:

$$j_s = 1,0$$

Im Folgenden wird  $j_s = 1,0$  angenommen und  $j_s$  nicht mehr gesondert aufgeführt. In den Materialfaktor  $j_F$  fließen mehrere Grund-Sicherheitsfaktoren ein.

### 2.5.5.1 Grund-Sicherheitsfaktoren

Für Walzstahl bei normalen Temperaturen sind die folgenden Faktoren relevant:

- $j_m$  Nachweis gegen Bruch (Zugfestigkeit)
- $j_p$  Nachweis gegen Fließen (Fließgrenze)

Folgende Sicherheitsfaktoren gelten für duktile Werkstoffe (Bruchdehnung  $A > 6\%$ ), dazu gehört auch Walzstahl.

			Schadensfolgen		
			Hoch	Mittel	Niedrig *1
Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Spannung oder Spannungskombination *2	Hoch	$j_m$	2,0	1,85	1,75
		$j_p$	1,5	1,4	1,3
	Niedrig *3	$j_m$	1,8	1,7	1,6
		$j_p$	1,35	1,25	1,2

\*1 Niedrige Schadensfolgen und geringe Bedeutung des Bauteils im Sinne „nicht katastrophaler“ Wirkungen beim Versagen; z.B. infolge Lastumlagerungsmöglichkeiten in einem statisch unbestimmten System. **Verminderung um den Faktor 1,15** (Rundung 0,05).

\*2 Bezieht sich im Allgemeinen auf die Höhe der Last, nicht auf die Häufigkeit.

\*3 Auch mit Sicherheit seltene, genau schätzbare Lasten beispielsweise des Prüf- und Montagezustands. **Verminderung um den Faktor 1,10** (Rundung 0,05)

### 2.5.5.2 Gesamt-Sicherheitsfaktor

Aus den Einzel-Sicherheitsfaktoren ist der Gesamtsicherheitsfaktor  $j_{ges}$  zu bilden.

Aufgrund der enthaltenen Komponenten (Streckgrenzverhältnis) ist er nicht unmittelbar als Sicherheitsfaktor im Sinne von Sicherheit gegen Versagen interpretierbar.

$$j_{ges} = \max\left(\frac{R_p}{R_m} * j_m; j_p\right)$$

## 2.5.6 Nachweis

Die Nachweise sind zunächst für alle Spannungsarten (Zug/Druck, Biegung um zwei Achsen und Schub) einzeln zu führen. Zusätzlich ist die Überlagerung der einzelnen Spannungsarten durch die Berechnung des Auslastungsgrades für die zusammengesetzten Spannungsarten durchzuführen. Alle Auslastungsgrade müssen kleiner oder gleich 1,0 sein.

### 2.5.6.1 Auslastungsgrad der einzelnen Spannungsarten

Die einzelnen Auslastungsgrade sind die folgenden:

$$a_{SK\perp zd} = \left| \frac{S_{\perp zd}}{S_{SK\perp zd}/j_{ges}} \right| \leq 1$$

$$a_{SK\perp by} = \left| \frac{S_{\perp by}}{S_{SK\perp by}/j_{ges}} \right| \leq 1$$

$$a_{SK\perp bz} = \left| \frac{S_{\perp bz}}{S_{SK\perp bz}/j_{ges}} \right| \leq 1$$

$$a_{SK||} = \left| \frac{T_{||}}{T_{SK||}/j_{ges}} \right| \leq 1$$

### 2.5.6.2 Überlagerung der einzelnen Spannungsarten

Beim Nachweis von Schweißnähten wird eine empirische Festigkeitshypothese in Anlehnung an DIN 18800 verwendet:

Zur Überlagerung der einzelnen Spannungen wird nach einer empirischen Festigkeitshypothese in Anlehnung an DIN 18800 der Auslastungsgrad  $a_{SK,SN}$  berechnet:

$$s = a_{SK\perp zd} + a_{SK\perp by} + a_{SK\perp bz}$$

$$t = a_{SK||}$$

$$a_{SK,SN} = \sqrt{s^2 + t^2} \leq 1$$

Bei der Berechnung von s, also der Überlagerung der einzelnen Spannungsarten, dürfen laut FKM-Richtlinie die Auslastungsgrade mit den Vorzeichen der Spannungsarten eingesetzt werden.

### 2.5.6.3 Maßgebender Auslastungsgrad

Der Nachweis ist erbracht, wenn alle geforderten Auslastungsgrade maximal 1 sind.

## 3 Zeichnungserstellung

### 3.1 Erstellung der Schweißzeichnung

Der Aufbau von Schweißbaugruppen im CAD System erfolgt grundsätzlich nach dem CAD-Handout:

[CAD HandOut - Development of welded assemblies](#)

Dieses ist im TCE Portal zu finden.

Ausnahmen und Abweichungen hiervon sind mit dem SFI und dem Projektleiter zu besprechen.

### 3.2 Erzeugen des Schweißstempels

Das ausfüllen des Schweißstempels ist ebenfalls in diesem CAD-Handout erklärt:

[CAD HandOut - Development of welded assemblies](#)

<b>Stahl Steel</b>		
Schweißverfahren Welding process	DIN EN ISO 4063	135/141
Schweißzusatzwerkstoff Filler material	DIN EN ISO 14341	3Si1 / 4Si1
Schutzgas Shield gas	DIN EN ISO 14175	M21/ I1
Allgemeintoleranzen General tolerances	DIN EN ISO 13920	-BF
Schweißtechnische Qualitätsanforderungen Welding quality requirements	DIN EN ISO 3834	-3
	DIN EN 1090-2	
Schweißnahtprüfung VT /Weld seam testing	DIN EN ISO 5817	C
spannungsarm gegläht stress relieved	ISO/TR 14745	Yes
alle nicht kategorisierten Schweißnähte not categorised welding seams	Nahtkategorie Class	2
Schweißnahtvorbereitung Welding preparation		DIN EN ISO 9692-1
Symbolische Darstellung Symbolic representation		DIN EN ISO 2553-A
Weitere wichtige Informationen sind im Downloadbereich der Broetje-Automation Homepage abrufbar Further important information is available in the download area of the Broetje-Automation homepage		

Im Schweißstempel sind die wichtigsten Informationen für den Fertiger tabellarisch dargestellt. Weitere Informationen und Erklärungen sind der Werksnorm BN30.070 zu entnehmen. Zu finden ist die Werksnorm im Broetje Lieferantenportal unter folgendem Link: <http://www.broetje-automation.de/de/downloads/>

### 3.3 Altzeichnungen vor dem 22.10.2018

Altzeichnungen ohne Änderung liegt weiterhin der Schweißtechnische Anhang (BN10.051) in aktueller Form bei.

Der Schweißtechnische Anhang wird vom System automatisch an die Schweißteilzeichnung angehängt. Es ist nur der an der jeweiligen Zeichnung befindliche Schweißtechnische Anhang zu beachten.

**ACHTUNG:** Sobald Altzeichnungen indexiert werden **muss** dort auch der neue Schweißstempel eingefügt werden. Dieser ist im CATIA über den BA-Katalog zu finden. Bei der Freigabe eines Index wird der Schweißtechnische Anhang zukünftig **nicht** mehr angehängt.

### 3.4 Spannungsarm Glühen

Bauteile, die folgende Kriterien erfüllen, müssen nach dem Schweißen spannungsarm gemäß ISO/TR 14745 gegläht werden:

- Blechdicken über 25mm mit Vollanschluss und hoher vorhandener Spannung im Bauteil,
- Bauteile, die dynamisch hoch belastet werden,
- Bauteile, die eine hohe Bearbeitungsgenauigkeit (spanend) erfordern
- Forderung des Kunden.

### 3.5 Angaben von Prüfumfängen

Alle Schweißnähte müssen vom Fertiger zu 100% visuell geprüft werden, nach welcher Güte (D oder C) entscheidet sich durch das Auswahlfeld der Nahtkategorie.

Wenn an einzelne Nähte besondere Güteanforderungen bestehen, können diese gesondert in der Angel angezogen werden.

Der Grund für einzelne gesonderte Schweißnähte

kann sehr vielfältig sein, z.B. höher belastete Nähte innerhalb eines wenig belasteten Bauteils

In diesem Fall müssen die Schweißnähte mit folgender Bemerkung versehen werden:

PT100      Auf der gesamten Naht muss eine Farbeindringprüfung durchgeführt werden.  
PT50      die Hälfte der Naht muss mit der Farbeindringprüfung geprüft werden.

- Anwendungsbeispiele:

Hochbelastete Nähte

Wenn die Naht beim Schrumpfen behindert wird

MT100 Auf der gesamten Naht muss eine Magnetpulverprüfung durchgeführt werden.

MT50 die Hälfte der Naht muss mit der Magnetpulverprüfung geprüft werden.

- Anwendungsbeispiele:

Hochbelastete Nähte

Wenn die Naht beim Schrumpfen behindert wird

UT100 Auf der gesamten Naht muss eine Ultraschallprüfung durchgeführt werden.

UT50 die Hälfte der Naht muss mit der Ultraschallprüfung geprüft werden.

- Anwendungsbeispiel:

Hochbelastete Nähte

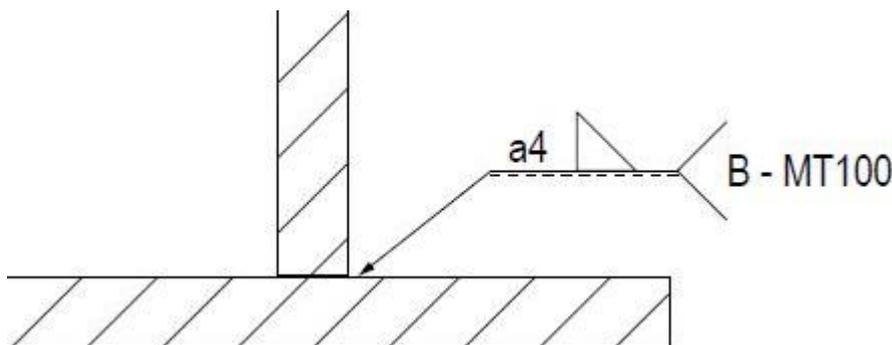
Auf Zug belastet Kopfplatten

RT100 Auf der gesamten Naht muss eine Röntgenprüfung durchgeführt werden.

RT50 die Hälfte der Naht muss mit der Röntgenprüfung geprüft werden.

RT ist nicht BA üblich!

Beispiel für eine gesondert zu prüfende Naht



In diesem Fall muss die Gesamtnaht VT geprüft, in der Güte B geschweißt und zusätzlich zu 100% magnetgeprüft werden.

#### **HINWEIS:**

Bei Hebegestellen wird von einigen Kunden gefordert tragende Schweißnähte nicht zu lackieren da sie später im Betrieb einer periodischen Prüfung unterzogen werden. Dies ist in der Zeichnung anzugeben und zwingend mit dem Projektleiter und dem SFI abzustimmen.

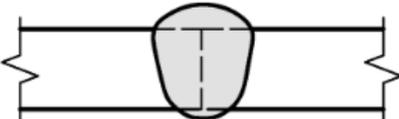
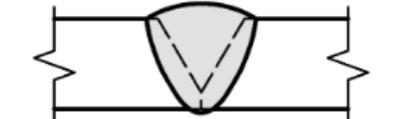
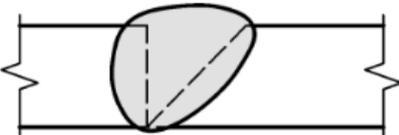
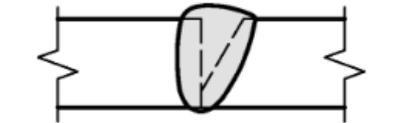
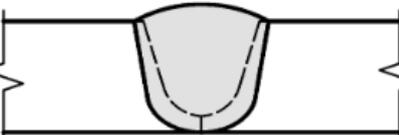
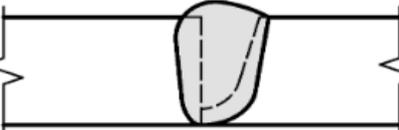
### **3.6 Nähte**

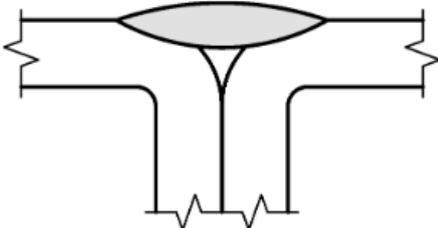
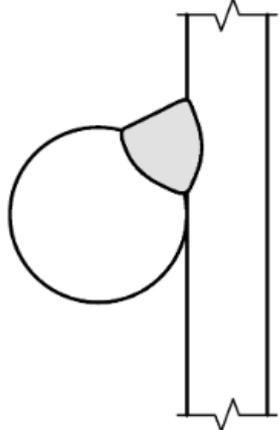
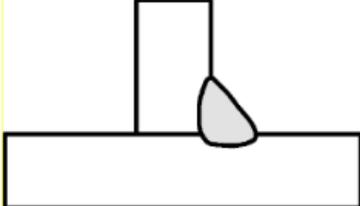
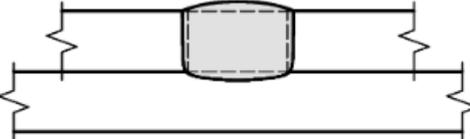
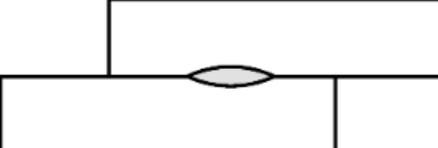
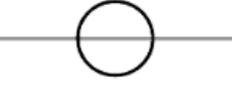
Es gibt verschiedene Arten von Schweißnähten und entsprechend auch unterschiedliche Schweißsymbole die verwendet werden müssen.

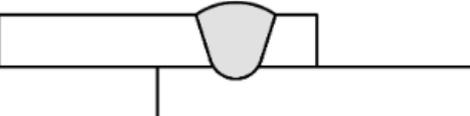
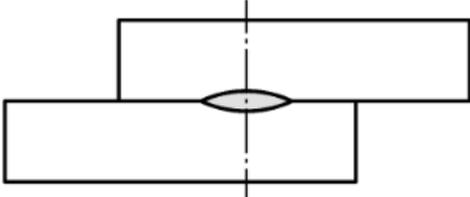
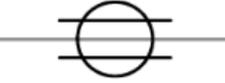
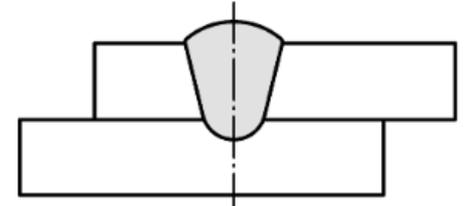
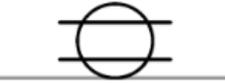
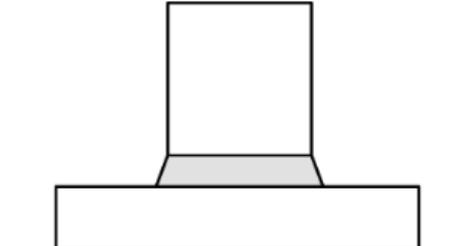
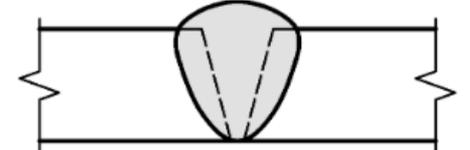
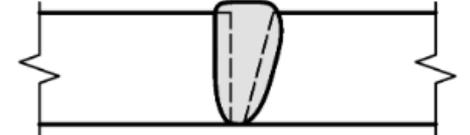
Grundsymbole können durch Zusatzsymbole, Maße und weitere Angaben ergänzt werden.

Nachstehend die nach DIN EN ISO 2553 gültigen Grund- und Zusatzsymbole:

Tabelle 1 — Grundsymbole

Nr.	Kennzeichnung	Darstellung der Naht (die Strichlinien geben die Nahtvorbereitung vor dem Schweißen an)	Symbol <sup>a</sup>
1	I-Naht <sup>b</sup>		
2	V-Naht <sup>b</sup>		
3	Y-Naht <sup>b</sup>		
4	HV-Naht <sup>b</sup>		
5	HY-Naht <sup>b</sup>		
6	U-Naht <sup>b</sup>		
7	HU-Naht; J(ot)-Naht <sup>b</sup>		

Nr.	Kennzeichnung	Darstellung der Naht (die Strichlinien geben die Nahtvorbereitung vor dem Schweißen an)	Symbol <sup>a</sup>
8	aufgeweitete Y-Naht		
9	aufgeweitete HY-Naht		
10	Kehlnaht		
11	Lochnaht (in Schlitzen oder Rundlöchern)		
12	widerstandsgeschweißte Punktnaht (einschließlich Buckelnaht in System A)		

Nr.	Kennzeichnung	Darstellung der Naht (die Strichlinien geben die Nahtvorbereitung vor dem Schweißen an)	Symbol <sup>a</sup>
13	schmelzgeschweißte Punktnaht (und Buckelnaht in System B)		
14	Widerstandsrollenschweißnaht		
15	schmelzgeschweißte Liniennaht		
16	Bolzenschweißverbindung		
17	Steiflankennaht; Steifflanken-V-Naht <sup>b</sup>		
18	Halbsteiflankennaht; Halbsteifflanken-V-Naht <sup>b</sup>		

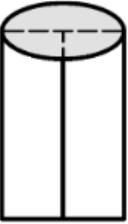
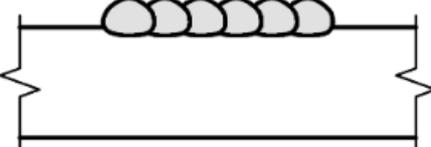
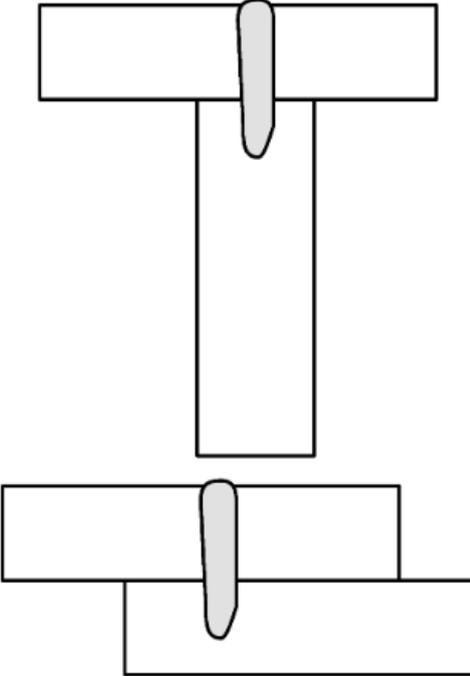
Nr.	Kennzeichnung	Darstellung der Naht (die Strichlinien geben die Nahtvorbereitung vor dem Schweißen an)	Symbol <sup>a</sup>
19	Stirnnaht <sup>c</sup>		
20	Bördelnaht		
21	Auftragschweißung		
22	Stichnaht <sup>c</sup>		
<p><sup>a</sup> Die graue Linie ist nicht Teil des Symbols. Sie zeigt die Position der Bezugslinie an.</p> <p><sup>b</sup> Stumpfnähte sind durchgeschweißt, soweit nichts anderes durch die Maße am Schweißsymbol oder durch Verweisung auf andere Stellen angegeben ist, z. B. die WPS.</p> <p><sup>c</sup> Darf auch für Stöße verwendet werden, bei denen mehr als 2 Fügeteile zu verbinden sind.</p>			

Tabelle 2 — Kombinierte Grundsymbole zur Darstellung beidseitiger Nähte

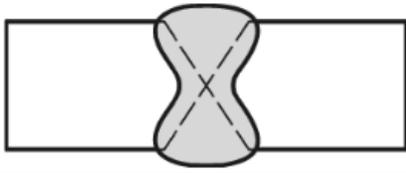
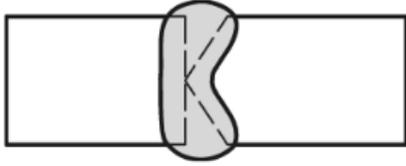
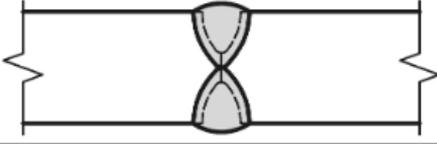
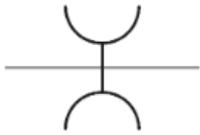
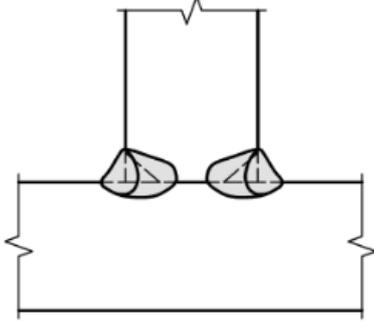
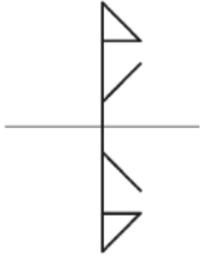
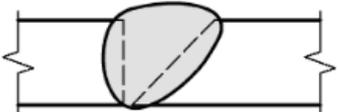
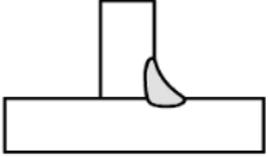
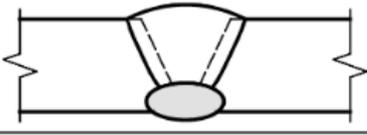
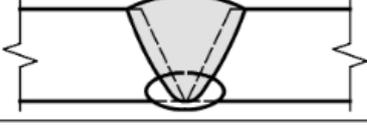
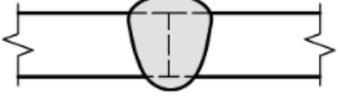
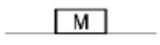
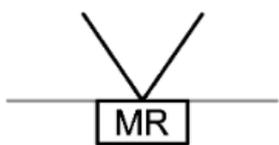
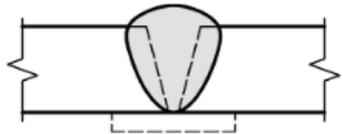
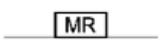
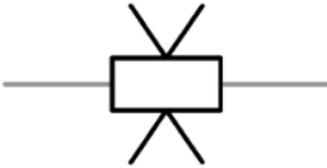
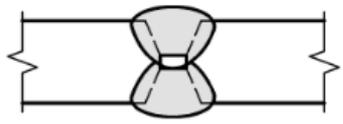
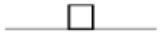
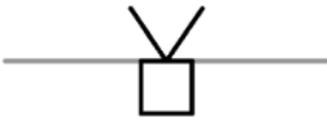
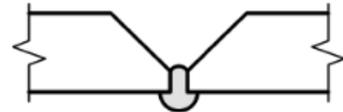
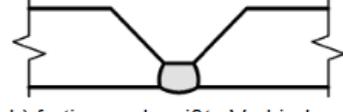
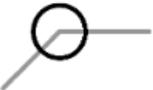
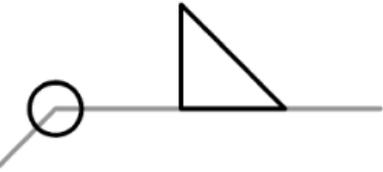
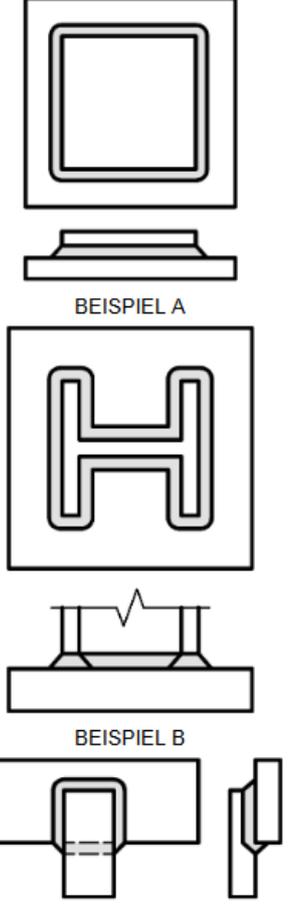
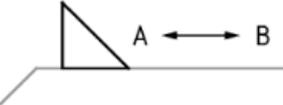
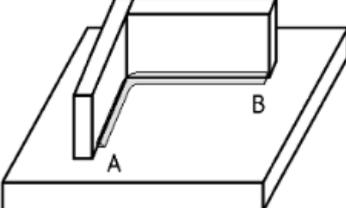
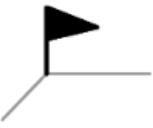
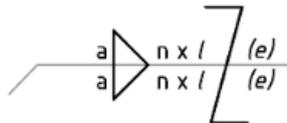
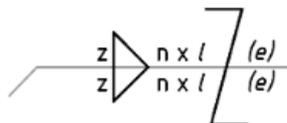
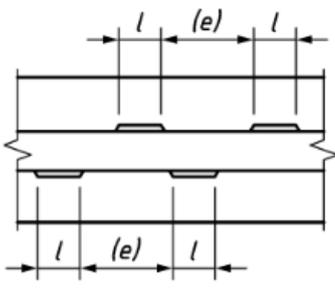
Nr.	Nahtart	Darstellung der Naht <sup>a</sup>	Symbol <sup>b</sup>
1	Doppel-V-Naht (DV-Naht)		
2	Doppel-HV-Naht (DHV-Naht)		
3	Doppel-U-Naht (DU-Naht)		
4	Doppel-HY-Naht mit Kehlnaht (DHY-Naht mit Kehlnaht)		
<p><sup>a</sup> Die Nähte dürfen durchgeschweißt oder nicht durchgeschweißt ausgeführt werden, was durch die Maße am Schweißsymbol (siehe Tabelle 5) oder durch Verweisung auf andere Stellen, z. B. die WPS, anzugeben ist.</p> <p><sup>b</sup> Die graue Linie ist nicht Teil des Symbols. Sie zeigt die Position der Bezugslinie an.</p>			

Tabelle 3 — Zusatzsymbole

Nr.	Benennung	Symbol <sup>a</sup>	Anwendungsbeispiel <sup>a</sup>	Darstellung der Naht
1	Flach nachbearbeitet <sup>b</sup>			
2	Konvex (gewölbt) <sup>b</sup>			
3	Konkav (hohl) <sup>b</sup>			
4	Nahtübergänge kerbfrei <sup>c</sup>			Kein Beispiel
5	a) Gegenlage <sup>d</sup> (nach der V-Naht ausgeführt/Kapplage)			
	b) Gegenlage <sup>d</sup> (vor der V-Naht ausgeführt)			
6	Wurzelüberhöhung <sup>e</sup>			

Nr.	Benennung	Symbol <sup>a</sup>	Anwendungsbeispiel <sup>a</sup>	Darstellung der Naht
7a	Schweißbad- sicherung (nicht näher festgelegt)			
7b	Verbleibende Schweißbad- sicherung/ Lage <sup>f</sup>			
7c	Entfernbar/nicht verbleibende Schweißbad- sicherung/ Lage <sup>f</sup>			
8	Abstandhalter			
9	Aufschmelzbare Einlage			 <p>a) Stoß mit vorhandener Einlage</p>  <p>b) fertig geschweißte Verbindung (Einlage in Wurzel integriert). V-Naht nicht dargestellt.</p>

Nr.	Benennung	Symbol <sup>a</sup>	Anwendungsbeispiel <sup>a</sup>	Darstellung der Naht
10	Ringsum-Naht; Umlaufende (Kehl-)Naht			 <p>BEISPIEL A</p> <p>BEISPIEL B</p> <p>BEISPIEL C</p>
11	Naht zwischen zwei Punkten			
12	Baustellennaht			Kein Beispiel

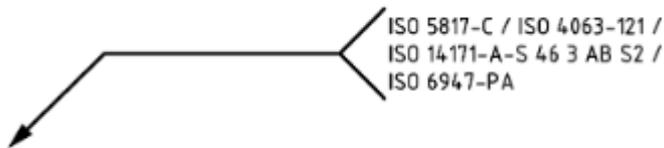
Nr.	Benennung	Symbol <sup>a</sup>	Anwendungsbeispiel <sup>a</sup>	Darstellung der Naht
13	Versetzte, unterbrochene Naht <sup>g</sup>		 oder 	
<p><sup>a</sup> Die graue Linie ist nicht Teil des Symbols; sie wird eingezeichnet, um die Position des Symbols zur Bezugslinie und zur Pfeillinie oder nur zur Pfeillinie anzugeben.</p> <p><sup>b</sup> Für Nähte, für die annähernd bündige oder gewölbte Oberflächen ohne Nachbearbeitung nach dem Schweißen gefordert werden, ist die Anwendung des Zusatzsymbols für bündige oder gewölbte Nähte festzulegen. Für Nähte, die nach dem Schweißen bündig oder gewölbt nachzubearbeiten sind oder die eine flache, aber nicht bündig abschließende Oberfläche haben müssen, sind zusätzliche Angaben erforderlich, z. B. durch Einfügen einer Anmerkung in der Gabel des Schweißsymbols.</p> <p>Zur Festlegung der Oberflächenbeschaffenheit können andere Symbole nach ISO 1302 verwendet werden.</p> <p><sup>c</sup> Die Nahtübergänge müssen durch Schweißen oder Oberflächenbearbeitung kerbfrei sein. Einzelheiten zur Ausführung können in den Arbeitsanweisungen oder in der WPS festgelegt sein.</p> <p><sup>d</sup> Die Schweißraupenfolge darf auf der Zeichnung angegeben werden, z. B. durch die Verwendung mehrerer Bezugslinien, durch eine Anmerkung in der Gabel des Schweißsymbols oder durch Verweis auf eine Schweißanweisung.</p> <p><sup>e</sup> Wird unter System B auch verwendet um Bördelnähte anzugeben (siehe 4.5.5.6).</p> <p><sup>f</sup> M = der Werkstoff bleibt Teil der fertig geschweißten Verbindung; MR = der Werkstoff ist nach dem Schweißen zu entfernen. Weitere Angaben zum Werkstoff können in die Gabel oder an einer anderen Stelle angegeben werden.</p> <p><sup>g</sup> Die Definitionen für <i>a</i>, <i>z</i>, <i>n</i>, <i>l</i> und <i>(e)</i> sind in Abschnitt 5 angegeben.</p>				

Das Symbol für Ringsummnähte darf nicht verwendet werden, wenn:

- Die Naht nicht am selben Punkt beginnt und endet, d.h. keine durchgehende Naht vorliegt;
- Die Nahtart geändert wird, z.B. von Kehlnaht zu Stumpfnah
- Die Maße geändert werden, z.B. die Nahtdicke einer Kehlnaht. In diesem Fall muss jede Naht durch Anwendung eines gesonderten Schweißsymbols gekennzeichnet werden.

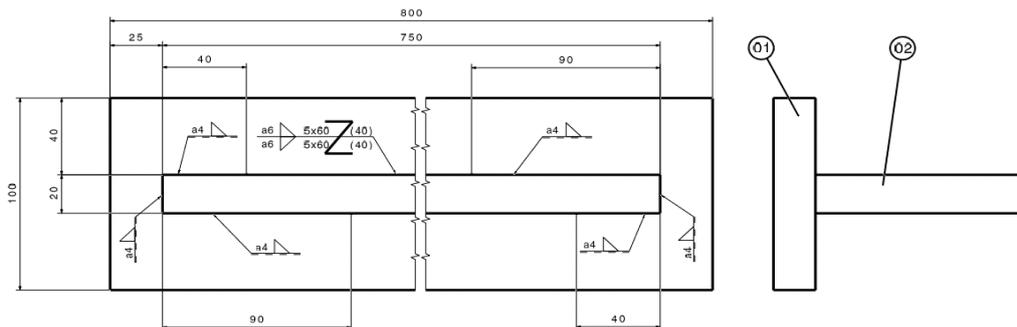
Für Nähte, die über den Umfang eines runden Profils/Lochs oder Schlitzes verlaufen, ist das Symbol für Ringsummnähte zur Festlegung einer durchgehenden Naht nicht erforderlich

Die Gabel ist ein wahlweise anzuwendendes Element, das am Ende der Bezugsvolllinie angefügt werden kann, um dem Schweißsymbol zusätzliche ergänzende Angaben hinzuzufügen. Einbezogen werden damit z.B. die Bewertungsgruppe, der Schweißprozess, Schweißposition oder auch zusätzliche Prüfumfänge einer Schweißnaht.



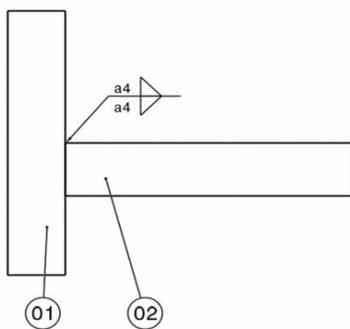
Beispiele:

- Versetzte, unterbrochene Naht mit unterschiedlichen Nahtstärken

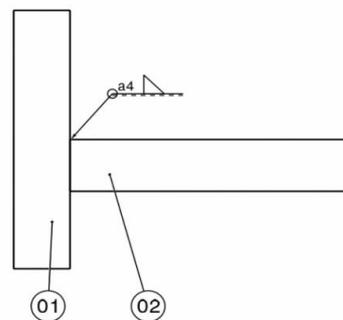


Die zu verschweißende Naht muss aufgeteilt (siehe erklärende Darstellung) und das Symbol entsprechend ausgefüllt werden. Die Enden sind zu umschweißen.

- Kehlnaht



Beispiel Doppelkehlnaht



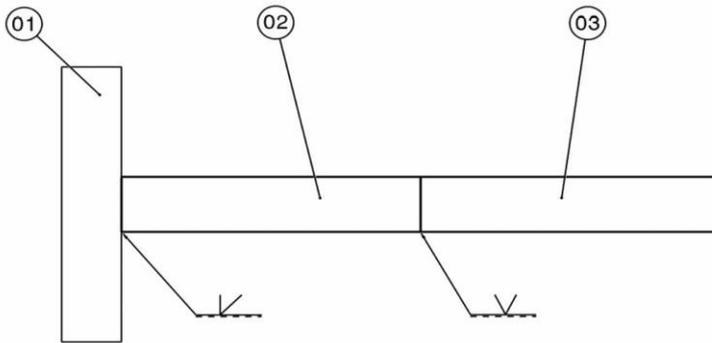
Beispiel Umlaufende Kehlnaht

a-Maße zwischen 2 und 15 mm sind möglich. **Bevorzugte Auswahl zwischen 3 und 8 mm.** Die Auswahl ist abhängig von der Blechstärke und der statischen Betrachtung. Umlaufende Kehlnähte sind zu bevorzugen.

**Achtung:** Kehlnähte mit einem a-Maß über 5 mm werden durch einen mehrlagigen Aufbau erzeugt (höherer Aufwand).

Beispiel mehrlagige Kehlnaht a = 10 mm, Anzahl der Lagen ca. 4 bis 5

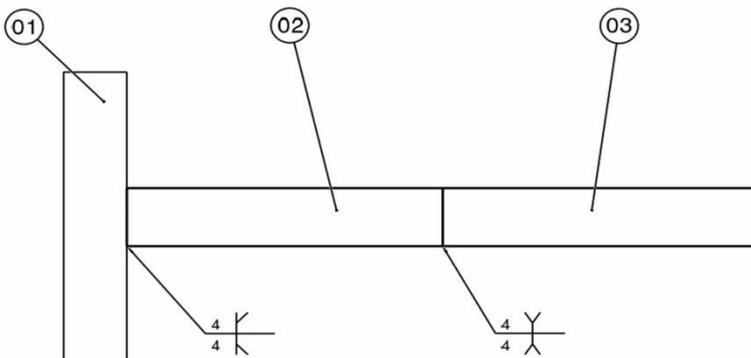
- V-Naht



Beispiel halbe V-Naht

Beispiel V-Naht

- Y-Naht

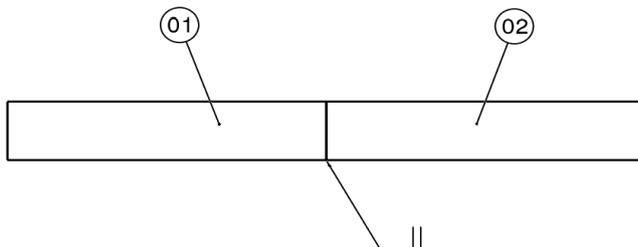


Beispiel halbe Y-Naht

Beispiel Y-Naht

Die Nahtdicke  $s$  [mm] wird als Zahlenwert vor das Naht-Symbol geschrieben.

- I-Naht



Beispiel halbe I-Naht

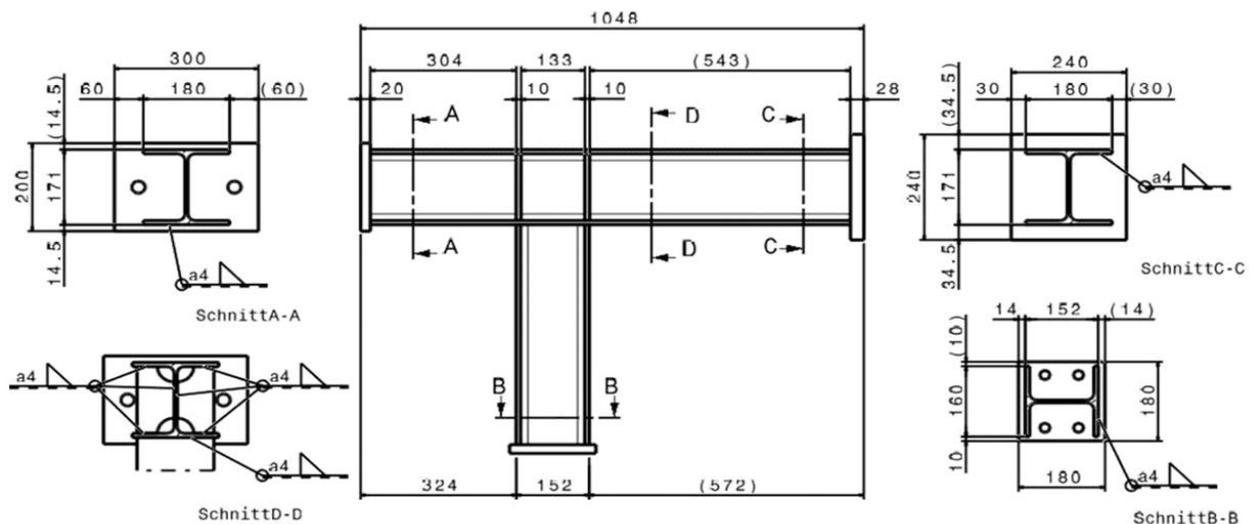
Wird üblicherweise für Blechstärken bis max. 3mm verwendet

Die Nahtdicke  $s$  [mm] wird als Zahlenwert vor das Naht-Symbol geschrieben.

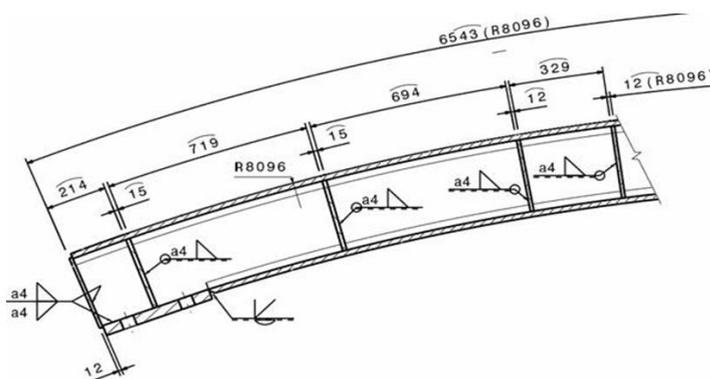
### 3.7 Bemaßung

Maßzahlen sind möglichst auf ganze Millimeter zu runden. Um Symmetrien u.ä. auszunutzen 1/10 Millimeter.

Im Unterschied zum Maschinenbau ist es üblich (geschlossene) Maßketten einzutragen. Bezugsbemaßung ist im Stahlbau oftmals wenig fertigungsgerecht.



Bei gebogenen Teilen ist es häufig sinnvoll Bogenmaße zu setzen. Der Krümmungsradius, auf den sich das Bogenmaß oder die Bogenmaßkette bezieht, muss in Klammern hinter das Bogenmaß oder die Bogenmaßkette gesetzt werden.



Ansicht eines gebogenen Trägers (Walzprofil) mit Anbauteilen Fertigungsgerecht vermasst.

### 3.8 Schweißnahtvorbereitung

Bei der Schweißnahtvorbereitung für Stahl ist die DIN EN ISO 9692-1 und bei Aluminium und Aluminiumlegierungen die DIN EN ISO 9692-3 zu beachten. Die normgerechte Ausführung der Schweißnahtvorbereitung obliegt dem Fertiger und ist **nicht** auf der Zeichnung oder in dem 3D-Modell anzugeben.

## 4 Zeichnungs- und Konstruktionsprüfung

Bei tragenden Schweißteilen und Schweißteilen bei deren Versagen Leib und Leben in Gefahr sind, ist eine Zeichnungs- und Konstruktionsprüfung durchzuführen. Dabei wird bei der Schweißtechnischen Qualitätskontrolle in Einzelbaugruppen, Elternbaugruppen sowie Kinderbaugruppen unterschieden.

### 4.1 Einzelbaugruppen, Elternbaugruppen

Baugruppen welche Schweißteile beinhalten müssen vom SFI freigegeben werden. Hierfür muss der Konstrukteur die Hauptbaugruppe an den SFI im CDB weiterleiten. Dieser kontrolliert dann schweißtechnisch die Einzelteile, sowie die gesamte Baugruppe. Nach Abschluss der Kontrolle und eventueller Nacharbeiten, wird die schweißtechnische Überprüfung durch ausfüllen der Checkliste vom SFI freigegeben.

### 4.2 Kindbaugruppen

Wenn baugleiche Baugruppen freizugeben sind, wird an den SFI nur die Elternbaugruppe übergeben. Die Freigabe der Kindbaugruppen obliegt dem jeweiligen verantwortlichen Konstrukteur. Bei der CDB Checkliste muss vom Konstrukteur nicht prüfungsrelevant ausgewählt, sowie unter Bemerkungen auf die Elternbaugruppe verwiesen werden.