

# Entwerfen und Gestalten im Maschinenbau

Bauteile - Baugruppen - Maschinen

Bearbeitet von  
Gerhard Hoenow, Thomas Meißner

4., aktualisierte Auflage 2016. Buch. 271 S. Hardcover  
ISBN 978 3 446 44340 2  
Format (B x L): 16,4 x 24,1 cm  
Gewicht: 509 g

[Weitere Fachgebiete > Technik > Maschinenbau Allgemein > Konstruktionslehre, Bauelemente, CAD](#)

schnell und portofrei erhältlich bei

The logo for beck-shop.de features the text 'beck-shop.de' in a bold, red, sans-serif font. Above the 'i' in 'shop' are three red dots of increasing size. Below the main text, the words 'DIE FACHBUCHHANDLUNG' are written in a smaller, red, all-caps, sans-serif font.

**beck-shop.de**  
DIE FACHBUCHHANDLUNG

Die Online-Fachbuchhandlung [beck-shop.de](http://beck-shop.de) ist spezialisiert auf Fachbücher, insbesondere Recht, Steuern und Wirtschaft. Im Sortiment finden Sie alle Medien (Bücher, Zeitschriften, CDs, eBooks, etc.) aller Verlage. Ergänzt wird das Programm durch Services wie Neuerscheinungsdienst oder Zusammenstellungen von Büchern zu Sonderpreisen. Der Shop führt mehr als 8 Millionen Produkte.



## Leseprobe

Gerhard Hoenow, Thomas Meißner

Entwerfen und Gestalten im Maschinenbau

Bauteile - Baugruppen - Maschinen

ISBN (Buch): 978-3-446-44340-2

ISBN (E-Book): 978-3-446-43995-5

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-44340-2>

sowie im Buchhandel.

# Vorwort

Dieses Buch entstand aus dem wesentlichen Inhalt der langjährigen Lehrveranstaltung **Gestaltungslehre** für Maschinenbaustudenten der TU Dresden. An der seit 1991 bestehenden Fachhochschule Lausitz in Senftenberg – Land Brandenburg – wurde diese Gestaltungslehre mit der Berufung von Herrn Prof. Dr. *Meißner* seit 1994 in wesentlichen Teilen auch zum Inhalt der Lehre für die Grundlagen der Konstruktion. Hauptanliegen des Buches ist es, insbesondere den künftigen Konstrukteuren des Maschinenbaus und natürlich auch allen anderen Studierenden auf dem Gebiet des Maschinenbaus eine praxisgerechte Gestaltungslehre zu vermitteln und damit eine Lücke zu schließen. Diese Lücke besteht darin, dass der hier behandelte Inhalt in der Maschinenelementeliteratur meist nur fragmentarisch enthalten ist, andererseits in der fertigungstechnischen Literatur vorrangig aus der Blickrichtung des Fertigungstechnikers dargestellt und damit den Bedürfnissen der Konstrukteure weniger angemessen ist. Die beiden Schwerpunkte des Buches stellen erstens das Gestalten unter Berücksichtigung der auf die Maschinenteile wirkenden Kräfte dar (Abschnitt 3) und zweitens das fertigungsgerechte Gestalten von der Teilefertigung (Abschnitt 4) bis zum Fügen und zur Baugruppenmontage (Abschnitt 5). Da es nicht möglich ist, in einem gut handhabbaren Buch die gesamte Palette der fertigungstechnischen Anforderungen zu behandeln, wurde der Bereich der kleineren Fertigungsmengen (Einzel- und Kleinserienfertigung) als Grundlage bevorzugt.

Dem Leser wird empfohlen, sich mit dem ersten Durcharbeiten einen Überblick zu verschaffen, um das Buch dann beim Bearbeiten von konstruktiven Übungsaufgaben ständig heranzuziehen. Für den Konstrukteur im Bereich der oben genannten Fertigungsmengen wird es auch ein guter Begleiter in der betrieblichen Konstruktionspraxis sein. Insbesondere wird der Wert des Buches darin gesehen, bei der Herausbildung des beruflichen Erfahrungsschatzes des Konstruktionseinsteigers eine systematische Hilfe zu leisten und das nicht allein den einsatzbedingten Zufällen zu überlassen. Die Verfasser möchten mit dem vorgelegten Buch zum Erfahrungsaustausch anregen und versichern hiermit, dass Hinweise und Vorschläge aufgeschlossen entgegengenommen werden.

Das Buch wäre nicht entstanden ohne die intensiven Hinweise des Herrn Dr.-Ing. *Bernd Platz* – über viele Jahre Oberassistent des Verfassers Hoenow – und seine Bemerkungen über die weiter oben erwähnte Lücke in der Literatur für den Maschinenbaukonstrukteur. Dafür gebührt unserem Freund *Bernd Platz* besonderer Dank. Weiterhin haben mitgewirkt: Frau Dipl.-Ing. *Ina Meißner* beim Umsetzen umfangreicher handschriftlicher Aufzeichnungen, Frau *Mandy Ehrlich* beim Aufbereiten vieler Bilder, Herr *Christian Schreiber* beim Erstellen zeichnerischer Darstellungen und das STUDIO WIR DRESDEN unter beson-

derer Mitwirkung des Herrn Diplomfotografiker *Andreas Meschke* bei der Anfertigung fotografischer Abbildungen. Allen genannten Mitarbeitern sei hiermit herzlich gedankt. Nicht unerwähnt bleiben darf die freundschaftliche Unterstützung des Herrn Dr.-Ing. *Harry Thonig* der Firma Trumpf Sachsen GmbH. Ebenfalls sei Frau *Ute Eckardt* und *Katrin Wulst* vom Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag für die gute Zusammenarbeit gedankt.

*Gerhard Hoenow*

*Thomas Meißner*

# Inhalt

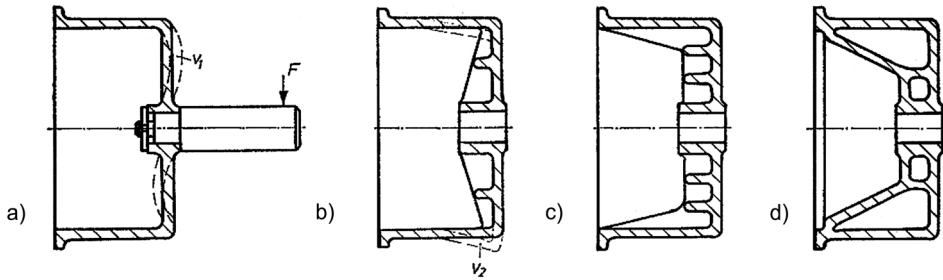
<b>Vorwort</b> .....	<b>5</b>
<b>1 Einführung</b> .....	<b>11</b>
1.1 Was ist Gestalten, was ist Entwerfen? .....	11
1.2 Welche Voraussetzungen sollte der Leser mitbringen und was wird nicht behandelt? .....	13
1.3 Gestaltungseinflüsse und Gestaltungsschwerpunkte .....	15
1.4 Wo findet man Anregungen für gute Konstruktionen? .....	16
1.5 Analyse einfacher Konstruktionen .....	19
1.6 Konstruktionsanalyse – Lösungen .....	24
<b>2 Nicht gestalten, sondern kaufen</b> .....	<b>30</b>
<b>3 Kraftgerechtes Gestalten – ein zentrales Anliegen</b> .....	<b>32</b>
3.1 Die Grundregeln des kraftgerechten Gestaltens steifer Maschinenteile ...	34
3.2 Kraftgerechte Gussstückgestaltung .....	45
3.2.1 Lagerbockgestaltung, Einführung .....	46
3.2.2 Geteilte Getriebegehäuse und das Flanschproblem .....	55
3.2.3 Gestaltungsbeispiele weiterer kraftbeanspruchter Gussstücke .....	59
3.2.4 Gestaltungsregeln für kraftgerechte Gussstückgestaltung .....	60
3.3 Kraftgerechte Schweißkonstruktionen .....	61
3.4 Kraftgerechte Blechteilgestaltung .....	64
3.5 Flächenpressung, Punkt- und Linienberührung .....	71
3.6 Zur Gestaltung elastischer Bauteile .....	74
3.7 Beispiele und Aufgaben .....	76
3.8 Kraftgerechtes Gestalten – Lösungen .....	83

<b>4</b>	<b>Fertigungsgerechtes Gestalten der Einzelteile</b>	<b>87</b>
4.1	Einführung	87
4.1.1	Fertigungsgerechte Gestalt, Fertigungsmenge und Baugröße	89
4.1.2	Fertigungsgerechtes Gestalten und Kostendenken	90
4.1.3	Wahl des Werkstoffs, des Grundfertigungsverfahrens und des Halbzeugs	93
4.1.4	Die klassischen und die neuen Konstruktionswerkstoffe	94
4.1.5	Genauigkeiten der Fertigung im Maschinenbau	97
4.2	Fertigungsgerechtes Gestalten für die Einzelfertigung	99
4.3	Gestalten von Gussstücken (urformgerechtes Gestalten)	105
4.3.1	Die Berücksichtigung der Formherstellung bei der Gussstückgestaltung	110
4.3.2	Sicherung der Gussstückqualität durch den Konstrukteur	122
4.3.3	Berücksichtigung des Putzens und Entgratens	126
4.3.4	Gussstückfeingestaltung- Berücksichtigung der Rohgusstoleranzen	127
4.3.5	Zur fertigungsgerechten Durchbildung eines Gussstückes	131
4.4	Gestalten von Strangteilen	132
4.5	Gestaltung geschweißter Maschinenteile	137
4.5.1	Einführung	137
4.5.2	Die Nahtarten und ihre wesentlichen Eigenschaften	143
4.5.3	Zum Gestalten der Schweißteile	149
4.5.4	Gestaltung bei dynamischer und statischer Beanspruchung	155
4.5.5	Beispiele, Aufgaben und Lösungen	158
4.6	Blechteilgestaltung	161
4.6.1	Ziele, Grenzen und Anwendung der Blechteilgestaltung	161
4.6.2	Gestalten von Blechflachteilen	167
4.6.3	Gestalten von Blechbiege- und Blechfaltteilen	172
4.6.4	Blechhohlkörper und Blechformteile	176
4.6.5	Gestalten von Blechverbindungen	177
4.7	Schmiedestücke	181
4.8	Gestalten für die spanende Bearbeitung	181
4.8.1	Allgemeines	181
4.8.2	Zum Spannen auf Werkzeugmaschinen	187
4.8.3	Gestalten für Bohren, Senken, Reiben, Gewinden	189
4.8.4	Gestalten für Drehbearbeitung	190
4.8.5	Gestalten von Bauteilen mit ebenen Arbeitsflächen	194
4.8.6	Gestalten für die Bearbeitung auf Bohr- und Fräszentren	197
4.8.7	Gestaltung von Profilbohrungen	199

---

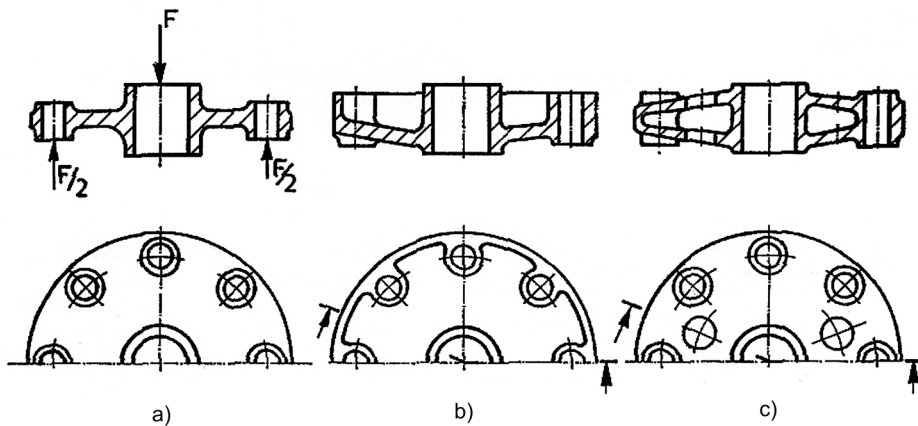
4.9	Feingestaltung – die Berücksichtigung der Fertigungstoleranzen .....	200
4.9.1	Überbestimmungen .....	201
4.9.2	Tolerieren mit Abmaßen und mit ISO-Toleranzen .....	202
4.9.3	Kompensieren von Summentoleranzen .....	211
4.9.4	Oberflächenangaben .....	216
4.9.5	Form- und Lagetoleranzen .....	217
4.10	Fertigungsgerechtes Gestalten – Lösungen .....	225
<b>5</b>	<b>Fügen und Montieren .....</b>	<b>230</b>
5.1	Welle-Nabe-Verbindungen und Axialsicherungen .....	230
5.2	Die montagegerechte Baugruppe .....	245
5.3	Justieren .....	250
5.4	Fügen und Montieren – Lösungen .....	255
<b>6</b>	<b>Zur Darstellung .....</b>	<b>256</b>
<b>7</b>	<b>Zusammenfassende Bemerkungen und Ausblick .....</b>	<b>260</b>
	<b>Literatur- und Bildquellen/Weiterführende Literatur .....</b>	<b>265</b>
	<b>Sachwortverzeichnis .....</b>	<b>267</b>

### 3.2.3 Gestaltungsbeispiele weiterer kraftbeanspruchter Gussstücke



**Bild 3.62** Varianten für eine Achsbefestigung [29]

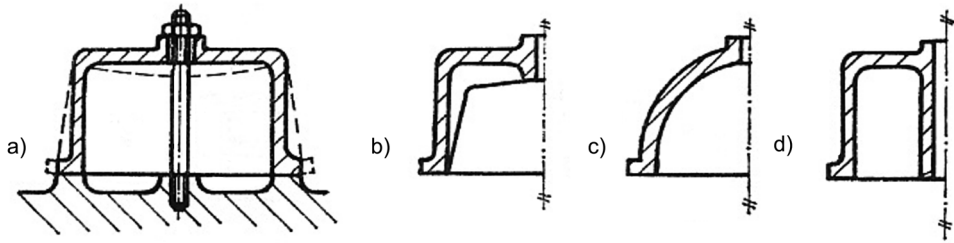
- a) Biegeempfindliche ebene Wand – Bodenwölbung  $v_1$
- b) Mit Ring- und Radialrippen Verformbarkeit gegenüber a stark eingeschränkt – aber Verformung  $v_2$
- c) Innenrippen versteifen auch die Seitenwände – Verformung  $v_2$  wird eingeschränkt
- d) Fertigungsaufwändig (Kernarbeit bei Formherstellung), aber bei großen Kräften lässt der doppelwandige Baukörper nur geringe Verformungen zu. Kernlagerung nicht berücksichtigt (siehe 4.3).



**Bild 3.63** Mehrfachwerkzeugträger [29]

- a) Flache, biegeweiche Scheibe
- b) Günstigere, biegesteife Gestalt
- c) Aufwändige Gestaltung (Kerne erforderlich), bei großen Kräften sind jedoch nur geringe Verformungen zu erwarten.





**Bild 3.64** Haubenbefestigung [29]

- a) Deckel verformt sich beim Anziehen der Mutter stark
- b) Innenrippen verringern die Deckelverformung
- c) Glockenform beseitigt die Biegebeanspruchung, es herrscht Druckbeanspruchung; diese Haubenform zeichnet sich durch hohe Steifigkeit aus, ohne dass Rippen angewendet werden müssen.
- d) Muss die Kastenform beibehalten werden (z. B. aus Gründen des Aussehens), kann die hülsenartige Verlängerung an der Schraubenbohrung die Durchbiegung der Haube vermeiden.

### 3.2.4 Gestaltungsregeln für kraftgerechte Gussstückgestaltung

In sehr vielen Fällen ist nicht die zulässige Spannung (Festigkeit), sondern eine geringe Verformung (Steifigkeit) die entscheidende Größe für ein Gussstück (z. B. Bauelemente für Werkzeugmaschinen): Der Konstrukteur sollte sich daher vor dem Entwerfen und Gestalten Klarheit verschaffen, ob Festigkeit oder Steifigkeit gefordert ist.

#### Regeln für die Gussstückgestaltung auf Steifigkeit

Steifigkeit nicht aus großen Wanddicken gewinnen!

KG1: Geringe Verformung erreichen durch:

- 1.1: geradlinige Kraftleitung – Flansche sind Kraftumlenkungen
- 1.2: Verrippung auf der Druck- oder Zugseite
- 1.3: zweckmäßigen Querschnitt (*Tabelle 3.1*)
- 1.4: Hohlkörper bzw. Doppelwände (Aufwand für Kernarbeit beachten!)

#### Regeln für Gussstückgestaltung auf Festigkeit

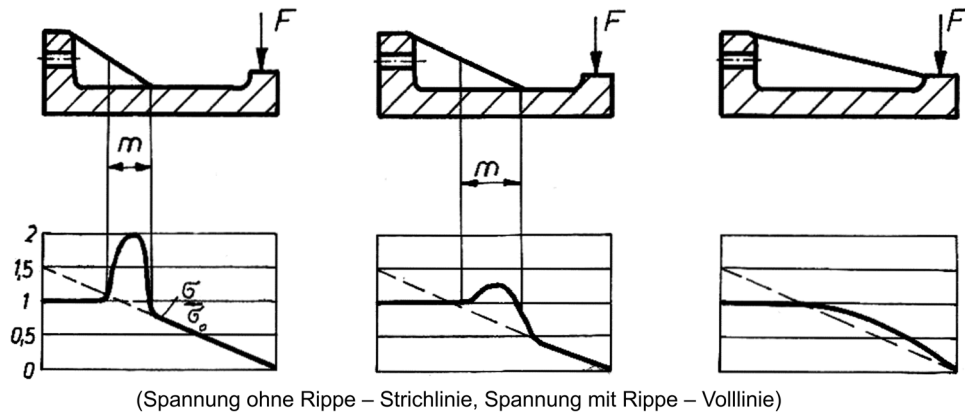
KG2: Geringe Spannung erreichen durch:

- 2.1: geradlinige Kraftleitung
- 2.2: Verrippung stets auf der Druckseite
- 2.3: Bevorzugung durchlaufender Rippen gegenüber dreieckförmigen Rippen (*Bild 3.65*)

Dreieckförmige Rippen sind abzulehnen, sie erhöhen die Spannungen im Bereich  $m$ .

Längere Rippen sind günstiger, der Sachverhalt bleibt aber bestehen.

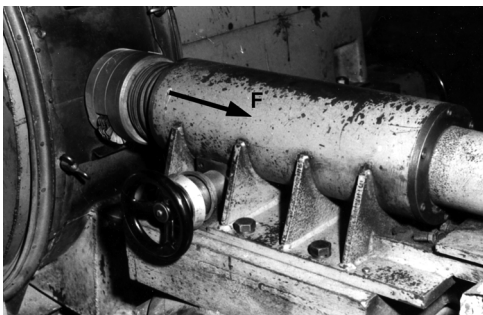
Nur die durchgehende Rippe bringt eine Verbesserung.



**Bild 3.65** Spannungsüberhöhung am Rippenauslauf

## ■ 3.3 Kraftgerechte Schweißkonstruktionen

Selbstverständlich gelten die Grundregeln des kraftgerechten Gestaltens auch für Schweißkonstruktionen im vollen Umfang und ein geschweißter Lagerbock, wie im *Bild 3.66* – offensichtlich ohne Beachtung der Hauptkraftrichtung konstruiert – muss kritisiert werden, da er jeglicher „kraftgerechter Vernunft“ widerspricht.



**Bild 3.66** Abrichteinrichtung für eine Sonderschleifmaschine  
Hauptkraft wirkt in Pfeilrichtung  
Hauptmangel: Die vier sattelartigen Rippen werden auf Biegung beansprucht. Für die Steifigkeit dieser Einrichtung in Pfeilrichtung ist die Rippendicke verantwortlich.  
Nebenmängel: Nähte unter dem Rohr sind für den Schweißer schwer zugänglich, zwischen den Sattelblechen sammelt sich Schmutz, Reinigen ist schwierig

**Aufgabe 3.2** Dem Leser wird empfohlen, zweckmäßige Lösungen zu entwerfen, um die benannten und vielleicht weiterhin aufgefundene Mängel zu beseitigen.

Typisch für Schweißkonstruktionen ist die Verwendung von Walzstahl oder anderen Strangmaterialien. Dabei kann es zu Steifigkeitssprüngen bzw. Verformungsbehinderungen kommen. *Bild 3.67*, *Bild 3.68*, *Bild 3.69* schildern diesen Sachverhalt bei Zug, Biegung und Torsion und zeigen zweckmäßige Ausführungen. Alle dargestellten Steifigkeits-

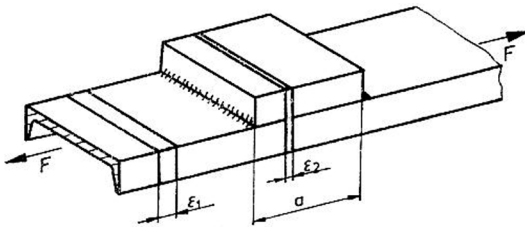
sprünge sind bei rein statischer Beanspruchung relativ wenig bedenklich, müssen aber bei dynamischen Kräften unbedingt vermieden werden:

KS1: Steifigkeitssprünge/Verformungsbehinderungen vermeiden!

Zur Ergänzung lässt sich formulieren:

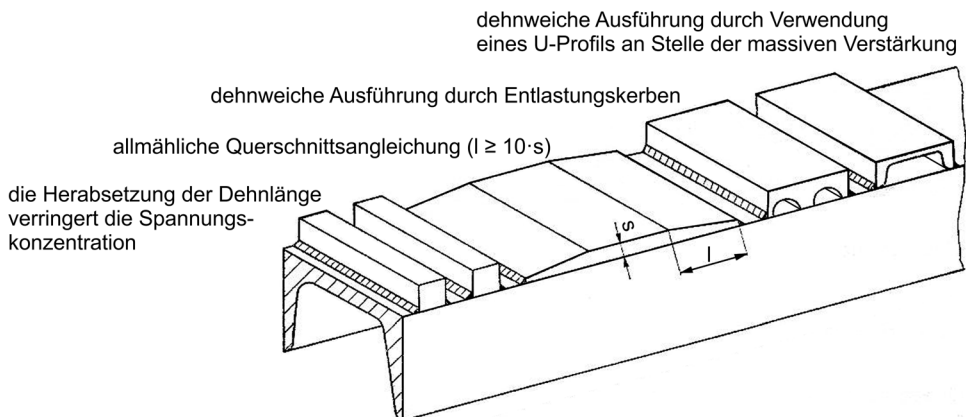
KS1.1: Besondere Gefährdung besteht bei dynamischer Beanspruchung.

KS1.2: Besonders kritisch ist der sprunghafte Übergang vom offenen zum geschlossenen Profil bei Torsion.



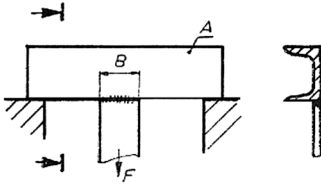
**Bild 3.67** Zugbeanspruchter U-Träger mit Verformungsbehinderung

Die auf den Träger als Arbeitsfläche aufgeschweißte dickwandige Verstärkung verändert das Verformungsverhalten des Trägers. Die Verformung  $\varepsilon_1$  kann sich im Bereich  $a$  nicht ausbilden. Da die Trägerdehnung  $\varepsilon_2$  gleich der Dehnung in der massiven Verstärkung sein muss, haben die Kehlennähte die dafür erforderlichen Kräfte zu übertragen. Das ruft in den Kehlennähten Spannungskonzentrationen hervor, für die sie normalerweise nicht ausgelegt sind.

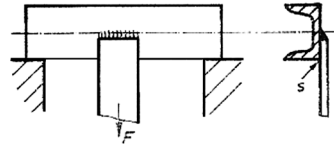


**Bild 3.68** Abhilfe für Verformungsbehinderung nach Bild 3.67

Die Werkstofffasern der Zugseite des Balkens A können sich im Bereich B nicht frei dehnen.

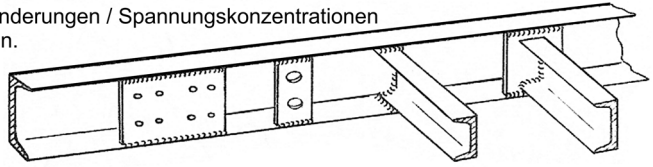


Der Zugstabanschluss in der Trägermitte (neutrale Faser) ist bei dynamisch beanspruchten Konstruktionen zu bevorzugen (Korrosionsgefahr im Spalt s beachten!)

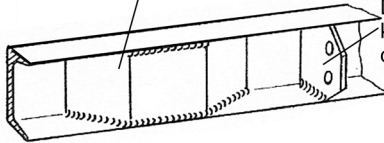


**Bild 3.69** Biegeträger mit Verformungsbehinderung durch Zugstabanschluss

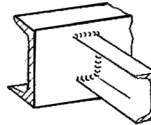
Ungünstig – mit Verformungsbehinderungen / Spannungskonzentrationen in den Schweißnähten.



Günstig – durch abgekantetes Blech wird allmählicher Übergang erreicht.



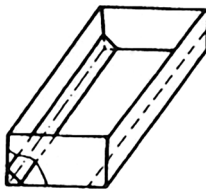
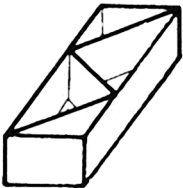
Das dünnwandige Anschlussstück setzt der Flanschverformung keinen nennenswerten Widerstand entgegen, es darf nicht mit dem Steg verschweißt werden!



Der Anschluss am Steg behindert die Verformung der Flansche nicht!

**Bild 3.70** Torsionsbeanspruchter U-Träger mit Verformungsbehinderungen

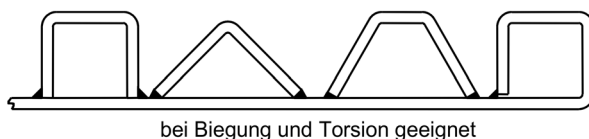
Für die Beherrschung der Verformung durch Torsion bei offenen Kästen kann die Dreieckverrippung wie bereits mit Regel **K4** belegt – angewendet werden. Diese Lösung ist jedoch wenig brauchbar, wenn der Raum im Kasten benötigt wird. In diesem Fall bietet sich bei Schweißkonstruktion die Verwendung einer hohlen Eckaussteifung (*Bild 3.71*) an:



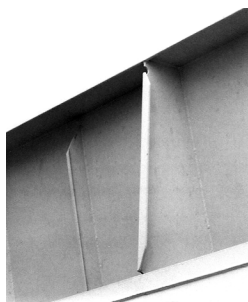
**Bild 3.71** Aussteifung offener Kästen für Torsion

Links - Dreieckverrippung  
Rechts - Eckaussteifung

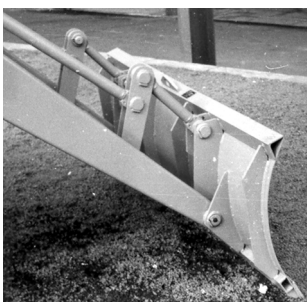
Derartige Lösungen sind von Ladeschalen für große Kipper-Lastkraftwagen bekannt. Ob der Hohlraum durch eingeschweißte Hohlprofile, durch Abkantung oder dergleichen gebildet wird, muss bei der Gestaltung des ganzen Objektes entschieden werden (siehe *Bild 3.72*, *Bild 3.73* und *Bild 3.74*)



**Bild 3.72** Versteifungen flächiger Teile durch aufgeschweißte Profile



**Bild 3.73** Blechaussteifung mit Abkantung



**Bild 3.74** Planierschild  
Planierarbeiten an ungleichmäßigen Erdschichten können eine Torsionsbelastung des Schildes hervorrufen. Die hohlen Aussteifungen mit Winkel- und U-Profil sorgen für Torsionssteifigkeit.

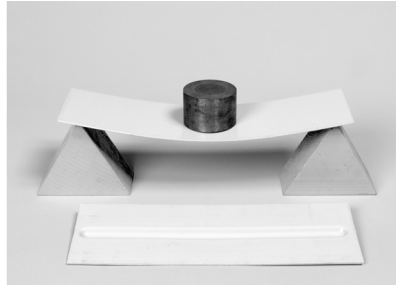
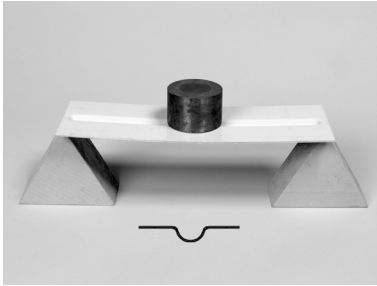
## ■ 3.4 Kraftgerechte Blechteilgestaltung

Die typischen Formelemente zur Versteifung von Blechteilen – **Sicke, Bördel, Abkantung, Wölbung und Spiegel** (Bild 3.75) finden vorrangig an Bauteilen aus Feinblech (Dicke < 4 mm) Anwendung. Sie sind aber nicht beschränkt auf diesen Dickenbereich und werden je nach Gestalt, Fertigungsmenge und verfügbarem Maschinenpark auch bei Grobblech (ab 4 mm) verwendet. Im vorliegenden Abschnitt geht es vorwiegend um Feinblechanwendungen.

<b>Sicke</b> Halbrunde lineare Vertiefung/ Erhöhung (auch trapezförmig)	<b>Bördel</b> Hochgestellte Kante geringer Höhe (meist rechtwinklig)	<b>Abkantung</b> Hochgestellte Kante größerer Höhe	<b>Wölbung</b> Einfache Wölbung vorrangig für stabartige, schalenförmige Wölbung für flächige Blechteile	<b>Spiegel</b> Flächige Vertiefung/ Erhöhung

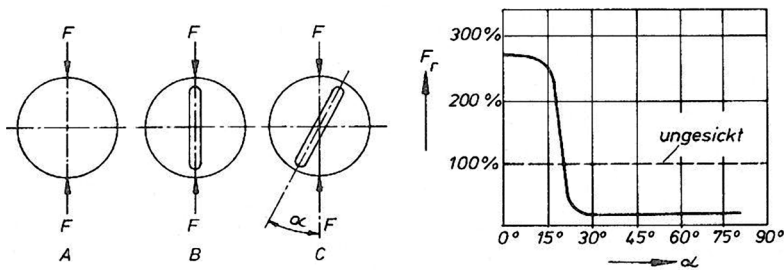
**Bild 3.75** Übersicht – Formelemente zur Versteifung von Blechteilen

Die Versteifungswirkung wird erreicht, indem Elemente des Blechteiles aus der Blechebene herausgehoben werden. Die Sicke – das Element mit der geringsten Versteifungswirkung – zeigt am Demonstrationsmodell (*Bild 3.76*) bereits deutliche Verbesserung der Biegesteifigkeit. Die gleiche positive Wirkung ist bei Druck (Knickgefahr!) zu verzeichnen, allerdings nur dann, wenn die Knickkraft in Richtung der Sicke wirkt (*Bild 3.77*).



**Bild 3.76** Demonstrationsmodelle für Blechversteifungen [45]

Das unversteifte Bauteil verformt sich bei Biegung sichtbar (rechtes Bild). Das Bauelement mit Sicke erweist sich als biegesteifer (linkes Bild).



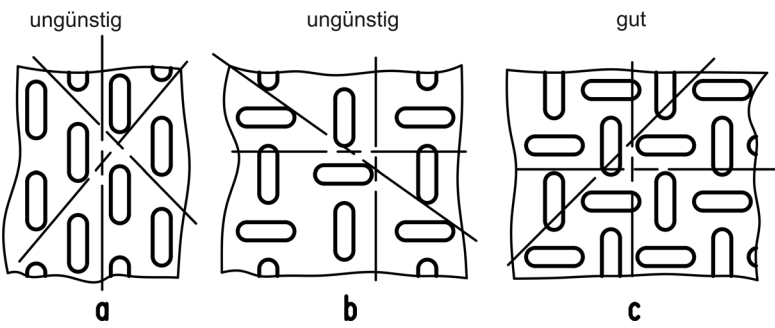
**Bild 3.77** Blechscheibe unter Knickbeanspruchung [30]

Knickkraft ohne Sicke: 100%

Knickkraft mit Sicke: 280%

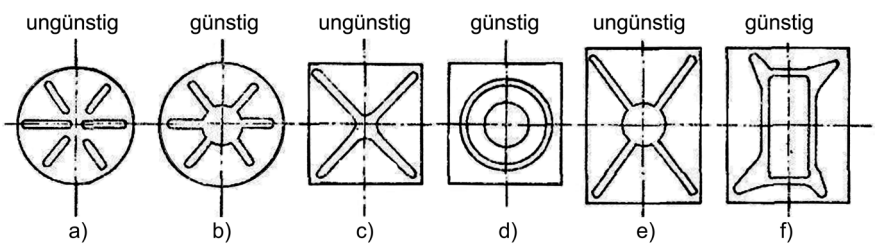
Knickkraft quer zur Sicke: 20%

Liegt die Sicke quer zur Kraftrichtung, tritt eine nennenswerte Verschlechterung ein, das Absinken der Knickkraft setzt bereits bei 15° Schräge der Kraft zur Sicke ein. Bei Mehrfachanordnung von Sicken ist außerdem die Lage der Sicken zueinander zu beachten. Es darf nicht möglich sein, dass in das Sickenbild Geraden hineingelegt werden können, die keine Sicke schneiden, denn im Verlaufe dieser Geraden wäre das Blech unverstärkt. Eine derartig ungünstige Anordnung zeigen *Bild 3.78a* und *b*.



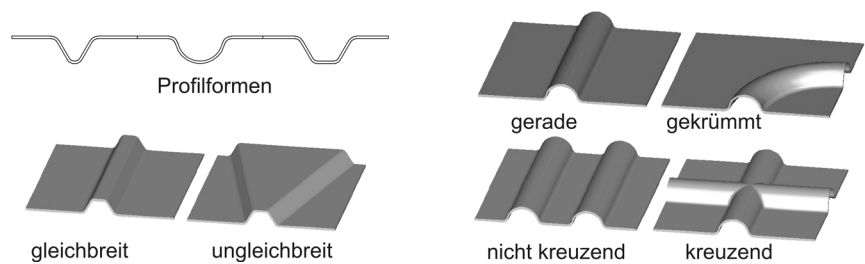
**Bild 3.78** Sickenbilder [30]

Werden die Sicken im *Bild 3.78b* enger angeordnet, treten derartige Geraden nicht mehr auf. Im *Bild 3.79* sind weitere günstige und ungünstige Sickenbilder dargestellt.



**Bild 3.79** Sickenbilder [30]

Im *Bild 3.79c* bzw. *e* treten zwar solche Geraden nicht auf, aber der Verstärkungseffekt der Sicken bezüglich der Trägheitshauptachsen (Symmetrielinien) ist gering. Die Anwendung der Sicken ist nicht allein auf halbkreisförmige Sicken und gleich breite Sicken beschränkt (siehe *Bild 3.80* und *Bild 3.79f*), bedarf aber der Berücksichtigung des Einflusses der Fertigungsmenge. So ist z. B. eine Sickenkreuzung oder ein Sickenbild nach *Bild 3.79f* nur mittels Formwerkzeug herstellbar (siehe *Abschnitt 4.6*).



**Bild 3.80** Sickenquerschnitte und Sickenverläufe



# Sachwortverzeichnis

## A

Abhebeseite 45, 51, 253  
Abkanten 172, 68, 161, 170, 174  
Abkantprofil 134, 66, 172  
Abkantung 62, 68, 173  
Abmaße 200, 201, 207  
Abstandsstege 67  
Achsbefestigung 57  
Achshalter 242  
Al-Guss 42, 56, 184  
Anbohren 188  
– schräges 188  
Andrückseite 45, 51, 83  
Anschnitt 187  
Ansteckteile 112f., 119, 130, 223  
Arbeitsfläche 60, 76, 105, 125,  
127, 129, 144, 146, 192, 195  
– an Schweißkonstruktionen  
60, 144, 146  
– ebene 192  
Arbeitsflächengestaltung 127  
Aufbohren 207, 209, 215  
Aufspannung 88, 89, 133, 166,  
183, 190, 195  
Ausfallstücke 168  
Aushebeschrägen 116, 119, 179  
Auslinkung 135, 157  
Aussehen 260  
Außenkern 111, 112, 119, 129, 182,  
223  
Außenkontur 24, 25, 108, 110,  
111, 117, 169, 188  
Austauschmethode 210  
Automatenstahl 93  
Axialsicherung 213, 228, 239,  
240, 242  
– spielfreie 213, 240

## B

Ballen 108, 110, 113, 115, 119, 129  
Baustahl 136, 169  
Beanspruchung 13, 16, 94, 60,  
139, 142, 153, 157, 173, 55  
– dynamische 94, 60, 55, 139,  
142, 153, 157  
– statische 60, 153  
Beanspruchungsart 30, 36  
Bearbeitung 21, 24, 26, 54, 61,  
89, 96, 100, 26, 102, 106, 127  
– spanende 89  
Bearbeitungszeichnung 141  
Bearbeitungszugabe 120, 127,  
128  
Berechnungsphase 31  
Berechnungsverfahren 13, 78  
Biegebeanspruchung 13, 33,  
35, 39, 40, 42, 44, 50, 58, 72,  
76, 83  
Biegeelastische Elemente 74  
Biegemomentenverlauf 38, 48  
Biegespannungsgitter 123  
Bindebleche 139  
Blasenbildung 122  
Blattfeder 123, 72, 72  
Blechaugen 162  
Blechaussteifung 62  
Blechbiegeteil 153, 51, 171, 175  
Blechfaltkonstruktion 136, 171  
Blechformate 166  
Blechformteile 148, 87, 66, 153,  
162, 174  
Blechleichtbau 160  
Blechleiter 162  
Blechschele 76  
Blechschnitten 13, 96, 102, 168

Blechteilgestaltung 62, 159,  
160, 165  
Blechversteifung 63, 66, 69  
Blechwinkel 67, 148  
Bohren 13, 26, 96, 99, 100, 115,  
133, 187, 207, 209, 213, 215,  
241, 246, 181  
Bohrer 181, 187, 188, 207, 215  
Bohreraustritt 188  
Bohrerbelastung 188  
– einseitige 188  
Bohrungen 196  
– abgesetzte 196  
Bohrungskern 113  
Bördel 62, 68, 66, 161, 165  
Bordwand 178  
Breitkeilriemengetriebe 237  
Bremshebel 132  
Brennriefen 100  
Brennschneiden 88, 96, 99,  
100, 148, 150, 156, 169, 238  
Brennschneidteil 90, 99, 100,  
101, 149, 153, 156, 178, 224

## C

C-Gestell 137, 33

## D

Dachgepäckträger 87  
Dehnlänge 60, 238, 247  
Design 260  
– technisches 260  
Diagonalverrippung 42, 43  
Doppelkörper 186  
Drehbearbeitung 24, 132, 151,  
153, 188



Drehen 26, 96, 240, 100, 102,  
111, 182, 183, 185, 186, 188, 190,  
207, 215, 185  
– von Stange 133, 191, 192  
Drehkopf 175  
Drehmeißel 189  
Dreibackenfutter 185  
Dreiblenznaht 143, 147  
Dreieckverrippung 43, 61, 82  
Drücken 174  
Durchbiegung 30, 37, 58  
Durchsetzung 164, 178

## **E**

Eckaussteifung 61, 157  
Ecksicke 66, 170  
Eckversteifung 155  
Einformen 109, 134  
Einsatzstahl 93  
Einstellmethode 210, 212, 213,  
214  
Einstücklösung 228  
Einstückteil 141  
Eisenwerkstoffe 14  
Entformen 110, 112, 120  
Entformungsrichtung 116  
Entgraten 124  
Entlastungskernen 60  
Entwicklungsrisiko 28  
Erscheinungsbild 16, 130  
– gefälliges 130

## **F**

Federstecker 242  
Feinbearbeitung 183  
Feingestaltung 125, 198  
Feinschlichten 96  
Fertigungsdurchlauf 98, 182  
Fertigungs Genauigkeit 233  
Fertigungsprozess 89  
Fertigungstechnik 9, 86, 113  
Fertigungsverfahren 85  
– Gliederung 85  
Fingerfräser 183  
Fläche 216  
– geschabte 216  
Flächenberührung 71  
Flächenpressung 247, 69, 69  
Flächenträgheitsmoment 65

Flachprofil 78, 90, 135  
Flanschbiegung 53  
flanschlose Verschraubungen  
54, 56  
Flanschproblem 17, 53, 55, 238,  
246  
Flugzeugholm 134  
Formen 111, 115  
– kernlos 111, 115  
Formenwelt 86, 97, 99, 103,  
108, 133, 165, 172, 174, 179  
– Strangteile 133  
Formherstellung 110, 115  
– manuell 110, 115  
Formherstellung (Guss) 108, 117  
Formschluss 171, 234, 151  
Formtoleranzen 183, 215  
Fräsersatz 194  
Freiformschmieden 179  
Freimachung 130  
Freistich 188, 193, 240  
Fügefasen 246  
Fünfseitenbearbeitung 195  
Fußflansch 51, 56, 81, 130  
Fußgestaltung 56, 117, 158  
Fußleiste 223  
Fußplatte 16, 44, 45, 51, 81, 186

## **G**

Gasblasen 120, 121  
Gesensschmieden 86, 179  
Gestalteinfluss 92, 113, 182  
Gestalten 10, 14, 30, 85  
– fertigungsgerechtes 10, 14,  
85  
– kraftgerechtes 30  
– montagegerechtes 14  
Gestaltergänzung 133  
Gestaltungsregeln 45, 58, 72,  
118, 245, 258  
Gestellgestaltung 157  
Getriebegehäuse 43, 53, 55,  
114, 118, 147  
Gewährleistungspflicht 28  
Gewindeauslauf 22, 189  
Gewindebohrer 187  
Gewindefreistich 189  
Gewinden 26, 133, 187  
Gewindestifte 12, 25, 241, 246  
Gießbett 110

Gießerei 43, 108, 113, 116, 119,  
125, 128  
Gießereiwerkzeug 113  
Gratbildung 124, 168  
Gratlage 124  
Greiferkopf 101  
Grenzrachenlehre 218  
Grobblech 17, 62, 96, 136, 148,  
156, 178  
Grobgestalt 31, 113, 147  
Größeneinfluss 38  
Großserienfertigung 210, 87, 91,  
15, 97, 160, 174, 179  
Großzahnräder 77  
Grundbohrung 187, 196  
Grundfertigungsverfahren 10,  
91  
Grundplatte 17, 43, 44, 76, 82,  
83, 103, 139, 147, 223, 225  
Gruppenaustauschbarkeit 210  
Gussrundung 23, 26, 105, 114,  
115, 119, 127  
Gussstück 106, 107  
– bearbeitungsfreies 106, 107  
Gussstückgestaltung 43, 58,  
103, 108, 119, 129, 259  
Gusswerkstoffe 36, 86, 94, 160

## **H**

Haarwinkel 218  
Halbzeug 31, 91, 159, 195  
Halteoperationen 245  
Haubenbefestigung 58  
Hauptnachteil 161  
Hauptvorteil 103, 159  
Hebel 14, 39, 78, 87, 88, 90,  
234, 91, 101, 124, 205, 160  
Heftschrauben 45, 52, 81, 83  
Herstellaufwand 38  
Hinterschnitt 112, 114, 119, 129,  
140  
Hochspannungsmast 77  
Hohlguß 44, 45, 109, 116, 119  
Hohlprofil 49, 61, 69, 82, 224,  
90, 42, 130, 139, 148, 153  
H-Profil 131  
Hutprofil 65

**I**

Innenbearbeitung 190, 196  
ISO-Toleranzen 200, 203

**J**

Justieren 25, 248, 249, 250, 251  
– Kegelräder 249  
– Schneckenrad 248

**K**

Kaltbiegestellen 154  
Kantenpressung 27, 69, 71  
Kantenüberhitzung 144  
Kegelstift 233, 235, 242  
Kehlnaht 60, 90, 139, 143, 145  
Kehlnahtdicken 145  
Keilprofil 180, 197, 233, 181  
Keilriemenscheibe 237, 245,  
219, 229, 91, 164  
Kerbstelle 141, 143  
Kern 109, 113, 116, 125, 129  
– armierter 125  
Kerne 117  
– vereinigte 117  
Kernentfernen 125  
Kernentgasung 122  
Kernkasten 110, 112, 117, 130, 182  
Kernlagerung 57  
Kernmarken 113  
Kernöffnungen 119, 122, 140  
Kernstützen 117  
Kippständer 89  
Kleinserienfertigung 9, 88, 101,  
116, 134, 151, 161, 174, 210, 214  
Klemmnabe 102, 163  
Klemmschraube 214, 224, 50,  
112, 75, 150, 182  
Klemmverbindung , 238, 75  
Klumpfuß 56  
Knickbeanspruchung 63  
Knicklänge 81, 82  
Knieblech 155  
Knotenpunkt 145, 154  
Know-How 28, 86  
Kolbenbolzen 214, 221, 227  
Kolbenkompressor 221  
Kombimaschine 165, 166, 170  
Konstruktionswerkstoffe 92, 95  
Kontermutter 251, 158, 252, 213

Kontern 252  
Korrosion 61, 139, 152, 158, 223  
– Schweißspalt 61, 139, 152,  
158, 223  
Kostendenken 88  
Kostenminimum 113  
Krafteinleitung 50, 151  
Kraftschlussverbindung 235  
Kraftschraube 45, 51, 81, 253  
Kraftumlenkung 46, 50, 53, 58,  
75, 153  
Kraglänge 35, 181  
Kragträger 13  
Kran 135, 33, 140, 153, 175  
Krantransport 76  
Kreissägewelle 219, 226  
Kreuzprofil 44, 48, 78, 83  
Kugelpfopf 21, 25  
Kühlkörper 133

**L**

Lagerauge 44, 46, 52, 226,  
Lagerbock 35, 39, 43, 44, 49,  
59, 81, 114, 126, 182, 186  
Lagerdeckel 51, 55, 222  
Lagerfuß 50  
Lagerkörper 44, 48, 49  
Lagesicherung 150, 245  
– formschlüssige 150  
Lagetoleranzen 97, 151, 183,  
186, 198, 205, 215, 217, 226,  
232  
Längsstiftverbindung 233  
Lappenverbindung 175  
Laserschneiden 150, 167, 169  
Lichtbogenschweißen 230  
Linienberührung 69, 71, 81  
Löcher 107, 116  
– gegossene 107, 116  
Lochnaht 143  
Lochverstärkung 163  
Lünette 190  
Lunker 120, 259

**M**

Maschinenelemente 13, 228,  
260  
Maschinenpark 62, 182  
– verfügbarer 62, 182

Maschinenschraubstock 21, 26  
Maßgenauigkeit 11, 93, 97  
Materialdicken 99  
– schneidbare 99  
Materiallager 97  
Mehrfachspanneinrichtung 79,  
83  
Mengenbereich 86, 90, 103  
Mengenleistung 86  
Messerkopf 182, 192  
Messerscheibe 104  
Messmittel 30, 200, 209, 226  
Messzeuge 93, 97, 215  
Mindestwanddicke 78  
Minimalwanddicken 105  
Mischerarm 234, 107, 116  
Modell 109, 114, 119, 130  
– geteiltes 109, 119  
– ungeteiltes 114, 119, 130  
Modellbau 113  
Modelleinrichtung 108, 112, 119,  
129, 223  
Modellkosten 87, 104, 118  
Modell-Nr. 128, 129  
Modellteilung 111, 117, 118, 130,  
223  
Montage 13, 22, 27, 77, , 90, 97,  
211, 237, 240, 241, 245, 250

**N**

Naht 16, 118, 143, 160  
– schubbeanspruchte 16, 143  
– verputzte 118, 160  
Nahtanhäufung 145  
Nahtwurzel 141, 146  
Naturausformung 116  
NC-Maschinen 102, 165, 169,  
192  
Nibbelmaschine 96, 102  
Nietkonstruktion 17, 133, 138  
– geschweißte 17, 138  
Normteile 12, 14, 28, 209, 232,  
243, 245, 252  
Nutfräsen 193, 194

**O**

Oberflächenangaben 214  
Oberflächenrauigkeit 11

## P

Passfeder 70, 106, 229, 232, 234, 237  
 Passflächen 105, 214  
 Passmethode 210, 211  
 Passscheibe 211, 250  
 Passteil 208, 211  
 Passzugabe 211  
 Planierschild 62  
 Polygonbearbeitung 195  
 Präzision 107, 112, 180, 208, 234, 242  
 Präzisionsfertigung 96  
 Pressrest 133  
 Pressverbindung 230, 231, 233, 235, 236  
 Produkthaftung 28  
 Punktberührung 71, 81  
 Punktschweißen 66, 136, 170, 174, 177  
 Putzsteg 124

## Q

Querschnitt 36  
 – materialökonomischer 36  
 Querstiftverbindung 233  
 Querverrippung 42

## R

Rachenlehre 218  
 Radkörpergestaltung 77  
 Radnaben 105  
 Randversteifungen 66  
 Rauheit 198, 214, 247  
 Räumen 197, 207, 215, 234  
 Räumnadel 197, 234  
 Rautiefe 214, 215  
 Rechteckprofil 65, 224  
 Reibschweißen 231  
 Reitstockabstützung 185  
 Relativkosten 86  
 Riemenschutzhaube 160  
 Rippe 46, 58, 104, 127, 170  
 – dreieckförmige 58  
 – durchlaufende 58  
 Rippenguss 44, 114, 119  
 Rippenrohr 124  
 Rohgussfläche 105

Rohgusstoleranzen 125, 129  
 Rohrbefestigung 238  
 Rohrstabanschlüsse 149  
 Rohteil 88, 100, 105, 182  
 Rückwärtshammer 235  
 Rundbiegen 165  
 Rundheitstoleranz 216  
 Rundlaufstoleranz 220  
 Rundstahlbügel 56  
 Rundtisch 195

## S

Sandecke 39, 122, 127, 129, 259  
 Sandform 109, 111, 114, 118  
 Sandformguss 87, 103  
 Säulenfuß 130  
 Schablonenformen 108  
 Schablonieren 108, 119  
 Schaumstoffmodell 108  
 Scheibenfräser 183, 193, 194  
 Schelle 237, 75, 238, 76  
 Scherschneiden 168  
 Scherschneidfläche 168  
 Schichten 96  
 Schlüsselflächen 194, 72  
 Schlussteil 209, 212  
 Schmelzschweißen 136, 177, 231  
 Schmieden 78, 159  
 Schmiedestück , 178  
 Schneidkanten 99  
 Schnellspannschraubstock 100, 204  
 Schnittfläche 100  
 Schnittkraftmesser 73  
 Schraubenansatz 52, 54, 150, 182  
 Schraubensicherung 157, 247, 252  
 Schraubentasche 51, 54  
 Schraubenwinde 20, 23  
 Schrumpferverbindung 232  
 Schruppen 96  
 Schubbeanspruchung 77, 143  
 Schweißelektrode 143, 147, 259  
 Schweißgruppe 141, 146, 154  
 Schweißnaht 141, 154  
 Schweißposition 149  
 Schweißstoß 141  
 Schweißteil 16, 20, 84, 224, 90, 81, 141, 145, 147, 153

Schweißverfahren 133, 135, 141, 174  
 Schwenklager 102, 150  
 Sechskantstahl 26, 195  
 Seilbahnstütze 158  
 Seilscheibe 111, 112  
 Seiltrommel 122, 229, 242, 244  
 Senken 26, 187, 207, 215  
 Senker 187  
 Senkung 197  
 – rückseitige 197  
 Serienfertigung 90, 210, , 260  
 Setzstock 190  
 Sicherungsring 209, 212, 239, 240, 241  
 Sicke 62, 63, 68  
 Sickenbilder 64  
 Sickenverläufe 64  
 Sonderprofile 67, 131, 132  
 Sonderstrangprofile 131, 132  
 Spaltkorrosion 152  
 Spannansatz 186, 191  
 Spanneinrichtung 24, 79, 20, 71, 204  
 Spannen 24, 185, 20, 129, 83, 190, 191, 196  
 Spannfläche 195, 226  
 Spannmarken 186  
 Spannnuten 185  
 Spannschlitz 195  
 Spannungsgitter 123  
 Speichen 78  
 – biegebeanspruchte 78  
 Speiser 120  
 Spiegel 62, 66, 68  
 Spiel 22, 24, 26, 69, 251, 131, 201, 208, 201, 212  
 Spielsitz 24, 27  
 Spitzendrehteil 191  
 Splint 241, 242, 137  
 Sprengring 240  
 Stahlguss 95, 106, 119  
 Ständer 94, 101, 155, 158, 159, 224  
 – gegossener 94, 159  
 – geschweißter 101, 155, 158, 159, 224  
 Stangendrehteil 191  
 Stangenköpfe 16, 148, 149  
 Stanzformung 165, 166, 178  
 Stanzlaschen 244, 133, 164

Stativschlitten 150, 224  
 Steifigkeit 25, 30, 58, 60, 68,  
 130, 66, 139, 153, 177, 184  
 Stellring 212, 213, 239, 241  
 Stirnlauftoleranz 217  
 Stirnreibverbindung 219, 236,  
 237  
 Stirnwalzenfräser 182, 193  
 Stoßen 197  
 Strangteil 22, 132, 134, 195  
 Stülpverformung 241  
 Stumpfnah 141  
 Stützwinkel 107  
 Summentoleranz 22, 248, 205,  
 209, 213, 219, 248, 210

## T

Tauchfräsen 193, 183  
 Technischen Zeichnens 11  
 technische Zeichnung 18, 22  
 Temperguss 91, 94, 104, 119, 151,  
 153, 178, 231  
 Toleranzfeld 201, 202, 207  
 Torsion 13, 36, 40, 41, 43, 49,  
 60, 61, 72, 76, 82, 140  
 – bei offenem Querschnitt  
 43  
 Torsionsfederung 73  
 Torsionssteifigkeit 41, 43, 62  
 T-Profil 90, 39, 48, 49, 114, 78,  
 44, 45, 130, 153  
 Trägeranschluss 154  
 Tuschieren 249, 215

## U

Überbestimmung 199, 200  
 Überlappung 138, 143  
 Übermaßverbindung 230, 231  
 Umformen 13, 85, 161

U-Profil 65, 131, 225, 44, 62,  
 134, 154  
 Urformen 85

## V

Ventilkopf 105, 195  
 Verbindung 54, 56  
 – flanschlose 54, 56  
 Verformung 18, 30, 34, 36, 41,  
 57, 58, 68, 71, 145, 157, 186, 191,  
 221  
 Verformungsbehinderung 59,  
 60  
 Verschraubung 55  
 – flanschähnliche 55  
 Versteifung durch Eckbleche  
 157  
 Versteifung durch Mittelebleche  
 157  
 Versteifungselemente 65  
 – Blech 65  
 Vierbackenfutter 185  
 Vierkantwelle 234, 107  
 Vollformgießen 103, 108, 223  
 Vorlegekeile 91  
 Vorzentrierung 246

## W

Walzenfräser 194  
 Wandanschluss 123  
 Wanddicke 119  
 – minimal gießbar 119  
 Wanddickenübergänge 142,  
 153  
 Wandverdickung 121, 129, 161  
 Wärmekonzentration 123  
 Wasserstrahlschneiden 99, 73,  
 153, 169  
 Welle-Nabe-Verbindung 209,  
 213, 228, 230, 231, 232  
 – Eigenschaften 230

Werkstoffanhäufung 120, 124,  
 129, 259  
 Werkstoffe 13, 31, 91, 37, 92, 93,  
 94, 130, 135, 139, 169  
 – Maschinenbau 93  
 Werkstoffwahl 92  
 Werkzeugauslauf 194, 197  
 Werkzeugkraglänge 181  
 Werkzeugspeicher 182  
 Widerstandsmoment 65  
 Wiederholgruppe 28  
 Wiederholteil 28  
 Windrad 77  
 – Mast für 77  
 Winkel 170  
 – biegesteife 170  
 Winkelhebel 90, 147  
 Winkelprofil 131, 135, 154  
 Wölbung 62, 68

## Z

Zahnrad 79  
 – geschweißtes 79  
 Zeichnung 141, 206, 254  
 – technische 141, 206, 254  
 Zentrieransatz 191  
 Zentrierung 186, 190, 191, 225  
 Zugänglichkeit 137, 143, 147,  
 156, 176, 235, 236, 239, 245,  
 259  
 Zugbeanspruchung 30, 32, 143  
 Zugstab 38  
 Zugstabanschluss 61  
 Zulieferer 28, 86, 165, 237  
 Zulieferkomponenten 14, 28  
 Zuschnitt 97  
 Zwischenradlagerung 18  
 Zylinderformtoleranz 187, 216