

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



Die Online-Fachbuchhandlung 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.

HANSER



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 Sennfeldberg - 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 Maschinenelementliteratur 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 Konstruktionseinstigers 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

Vorwort	5
1 Einführung	11
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
2 Nicht gestalten, sondern kaufen	30
3 Kraftgerechtes Gestalten – ein zentrales Anliegen	32
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 Linienberührungen	71
3.6 Zur Gestaltung elastischer Bauteile	74
3.7 Beispiele und Aufgaben	76
3.8 Kraftgerechtes Gestalten – Lösungen	83

4 Fertigungsgerechtes Gestalten der Einzelteile	87
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
5 Fügen und Montieren	230
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
6 Zur Darstellung	256
7 Zusammenfassende Bemerkungen und Ausblick	260
Literatur- und Bildquellen/Weiterführende Literatur	265
Sachwortverzeichnis	267

3.2.3 Gestaltungsbeispiele weiterer kraftbeanspruchter Gussstücke

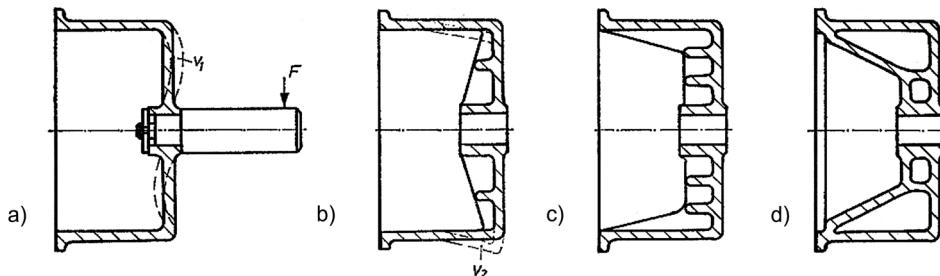


Bild 3.62 Varianten für eine Achsbefestigung [29]

- a) Biegeempfindliche ebene Wand - Bodenwölbung v_1
- b) Mit Ring- und Radialrippen Verformbarkeit gegenüber a stark eingeschränkt – aber Verformung v_1
- c) Innenrippen verstetigen 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).

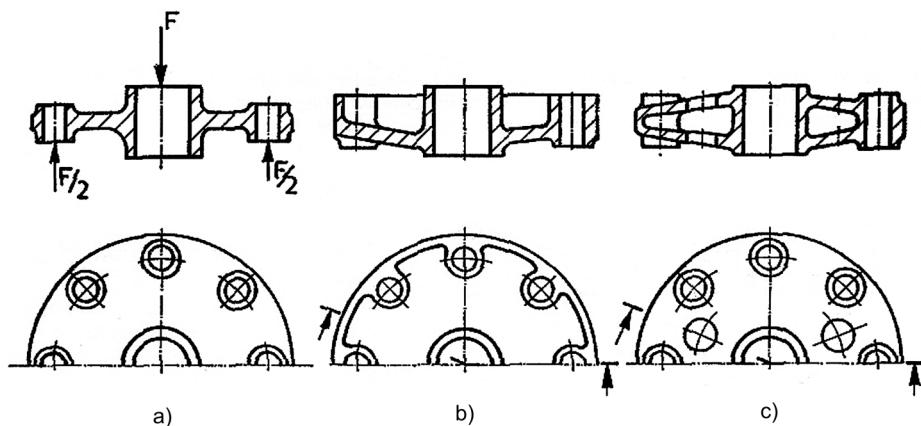
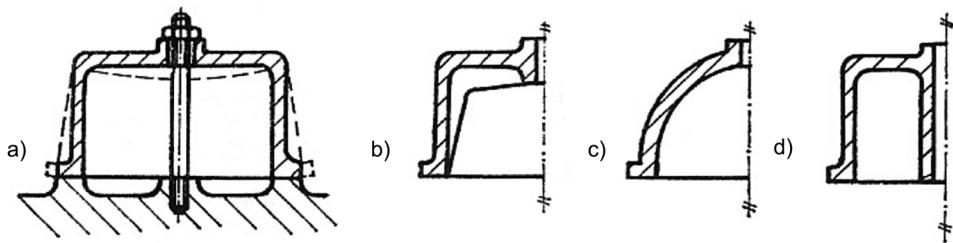


Bild 3.63 Mehrfachwerkzeugträger [29]

- 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.

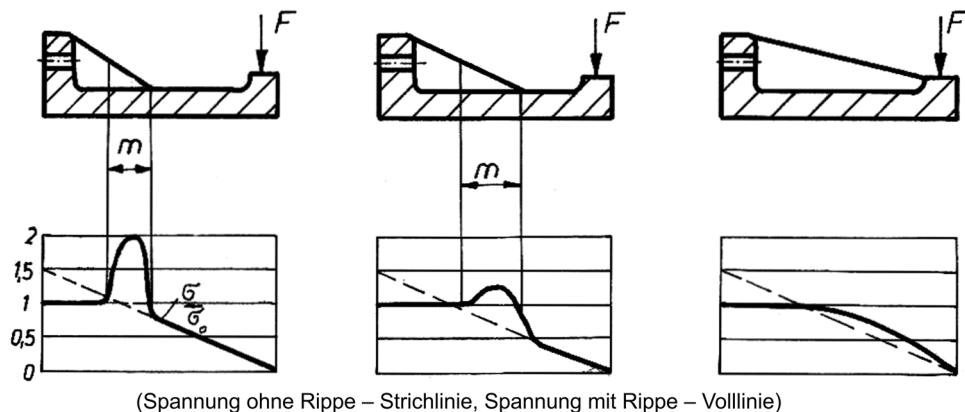


Bild 3.65 Spannungsüberhöhung am Rippenauslauf

■ 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.

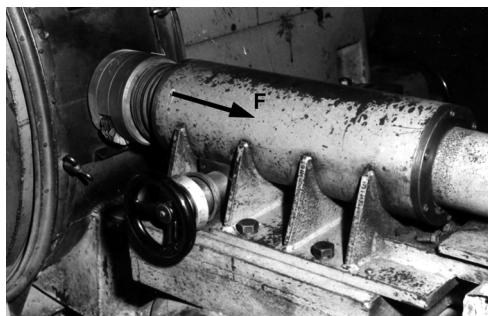


Bild 3.66 Abrichteinrichtung für eine Sonderschleifmaschine
Hauptkraft wirkt in Pfeilrichtung
Hauptmangel: Die vier sattelartigen Rippen werden auf Biegung beansprucht. Für die Steifigkeit dieser Einrichtung in Pfeilrichtung ist die Rippendicke verantwortlich.
Nebenmängel: Nähte unter dem Rohr sind für 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.

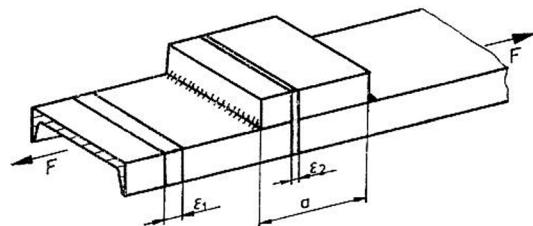


Bild 3.67 Zugbeanspruchter U-Träger mit Verformungsbehinderung

Die auf den Träger als Arbeitsfläche aufgeschweißte dickwandige Verstärkung verändert das Verformungsverhalten des Trägers. Die Verformung ε_1 kann sich im Bereich a nicht ausbilden. Da die Trägerdehnung ε_2 gleich der Dehnung in der massiven Verstärkung sein muss, haben die Kehlnähte die dafür erforderlichen Kräfte zu übertragen. Das ruft in den Kehlnähten Spannungskonzentrationen hervor, für die sie normalerweise nicht ausgelegt sind.

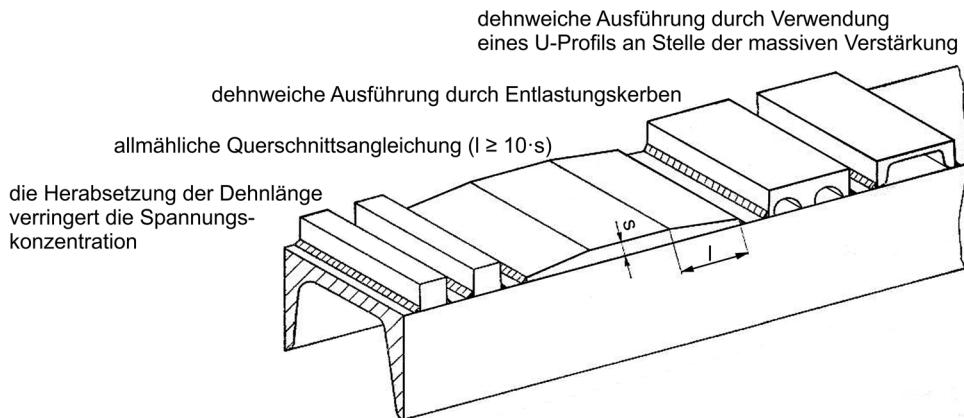
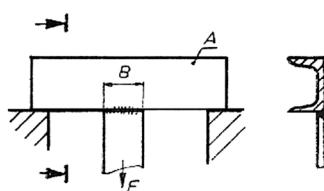


Bild 3.68 Abhilfe für Verformungsbehinderung nach Bild 3.67

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!)

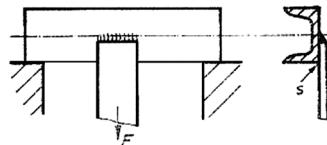
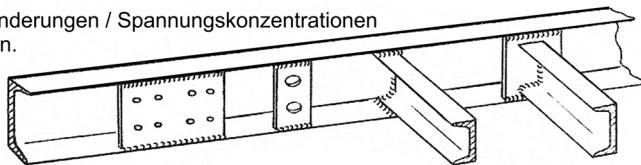
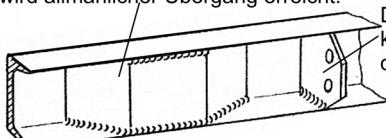


Bild 3.69 Biegeträger mit Verformungsbehinderung durch Zugstabanschluss

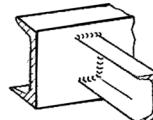
Ungünstig – mit Verformungsbehinderungen / Spannungskonzentrationen in den Schweißnähten.



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:

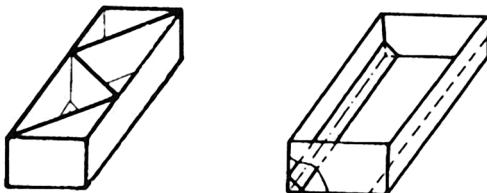


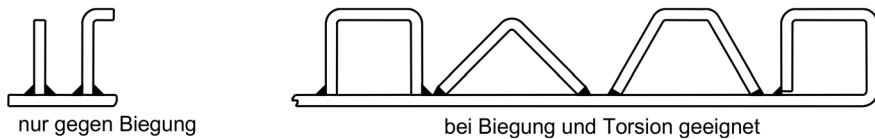
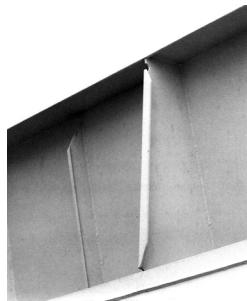
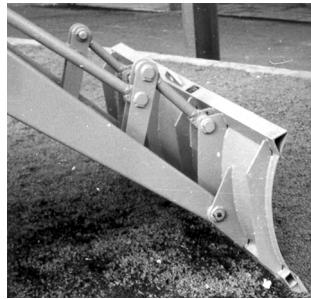
Bild 3.71 Aussteifung offener Kästen

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.

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

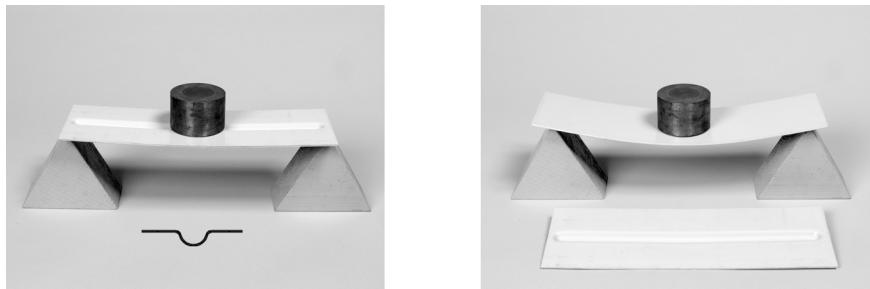


Bild 3.76 Demonstrationsmodelle für Blechversteifungen [45]

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

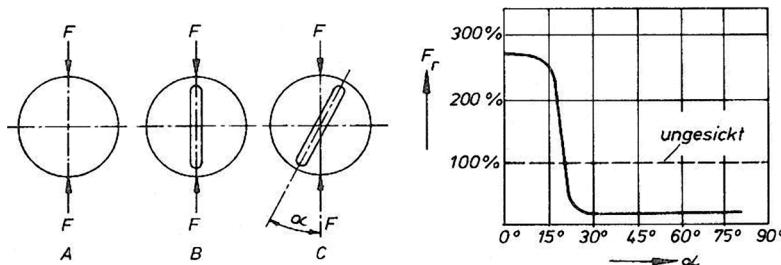


Bild 3.77 Blechscheibe unter Knickbeanspruchung [30]

Knickkraft ohne Sicke: 100%

Knickkraft mit Sicke: 280%

Knickkraft quer zur Sicke: 20%

Liegt die Sicke quer zur Krafrichtung, tritt eine nennenswerte Verschlechterung ein, das Absinken der Knickkraft setzt bereits bei 15° Schräglage 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*.

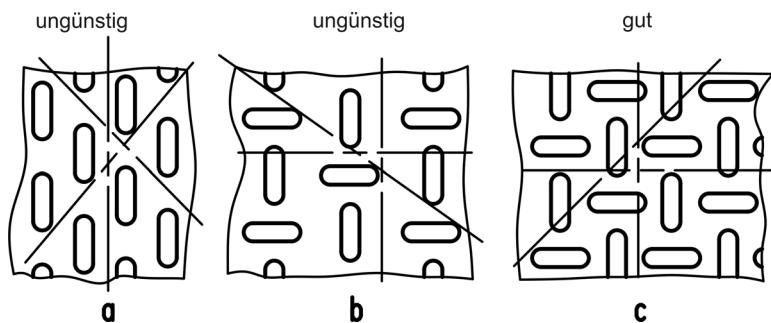


Bild 3.78 Sickenbilder [30]

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.

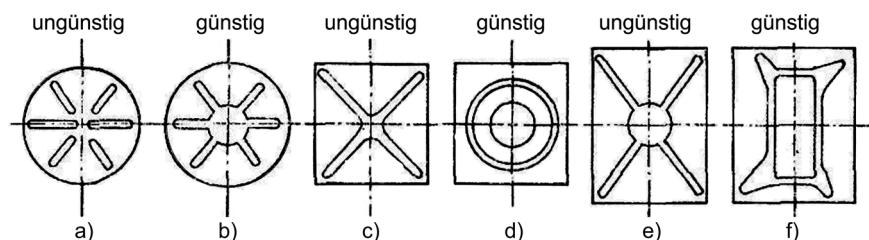


Bild 3.79 Sickenbilder [30]

Im Bild 3.79c bzw. e treten zwar solche Geraden nicht auf, aber der Verstärkungseffekt der Sicken bezüglich der Träigkeitshauptachsen (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*).

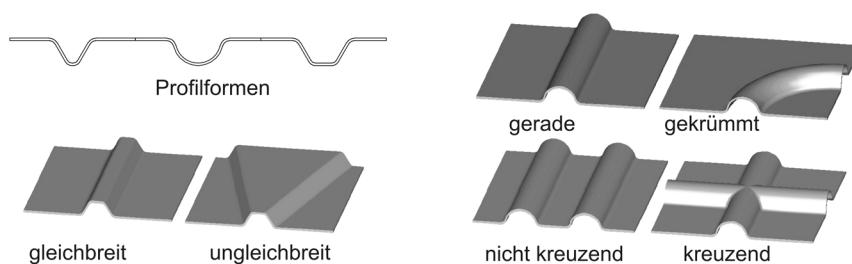


Bild 3.80 Sickenquerschnitte und Sickenverläufe

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
– schrages 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
Ausklunkung 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
Bindbleche 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
Blechschielle 76
Blechscheiden 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
Dehnänge 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
Dreiblechnaht 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
Entlastungskerben 60
Entwicklungsrisiko 28
Erscheinungsbild 16, 130
- gefälliges 130

F

Federstecker 242
Feinbearbeitung 183
Feingestaltung 125, 198
Feinschlichten 96
Fertigungsdurchlauf 98, 182
Fertigungsgenauigkeit 233
Fertigungsprozess 89
Fertigungstechnik 9, 86, 113
Fertigungsverfahren 85
- Gliederung 85
Fingerfräser 183
Fläche 216
- geschabte 216
Flächenberühring 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
- Strangeiteile 133
Formherstellung 110, 115
- manuell 110, 115
Formherstellung (Guss) 108, 117
Formschluss 171, 234, 151
Formtoleranzen 183, 215
Frätersatz 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
Gesenkschmieden 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
Gießereipraktikum 113
Gratbildung 124, 168
Gratlage 124
Greiferkopf 101
Grenzrachenlehre 218
Groblech 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
Herstelllaufwand 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

- armerter 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

Klemmnahe 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

K

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

Kugelkopf 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

Mehrachsspanneinrichtung 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
Riemenschutzaube 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
Rundlauftoleranz 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
Schlichten 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
Schrumpfverbindung 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

- Statischlitten 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
Stülperformung 241
Stumpfnäht 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 Mitbleche 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
Wärmeleitung 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