



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

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 Linienberührung	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 Gusstücke

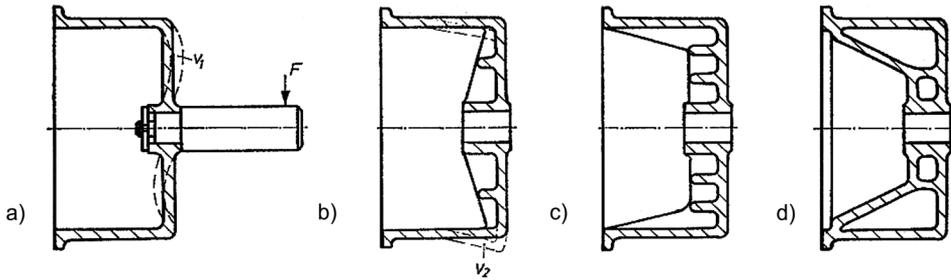


Bild 3.62 Varianten für eine Achsbefestigung [29]

- 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).

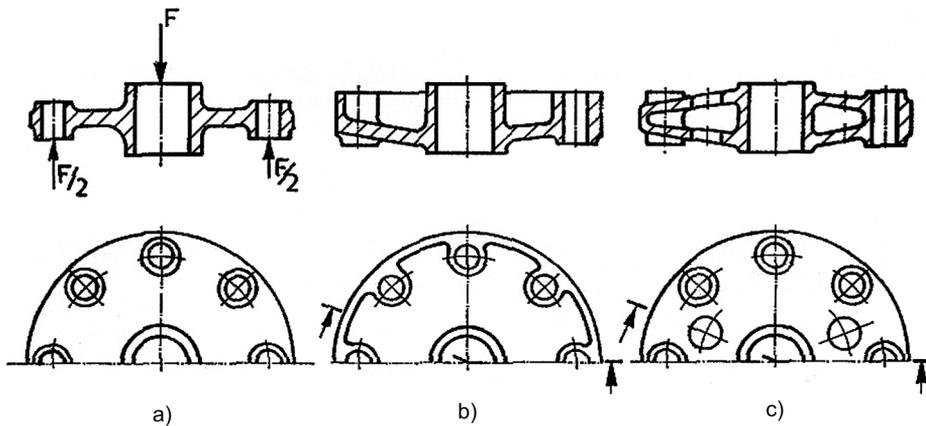


Bild 3.63 Mehrfachwerkzeugträger [29]

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

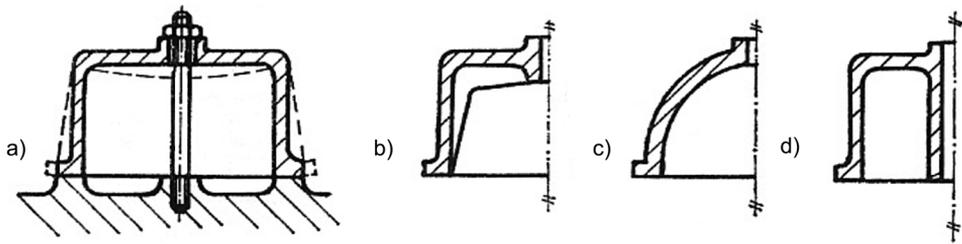


Bild 3.64 Haubenbefestigung [29]

- 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.

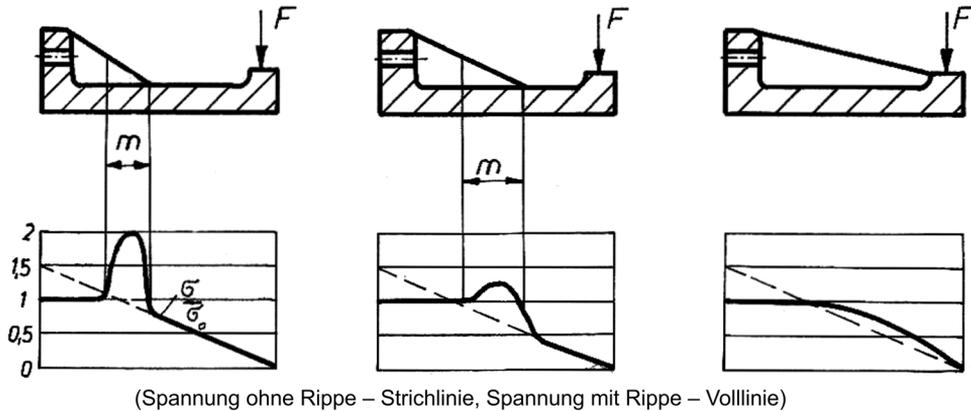


Bild 3.65 Spannungsüberhöhung am Rippenauslauf

■ 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.

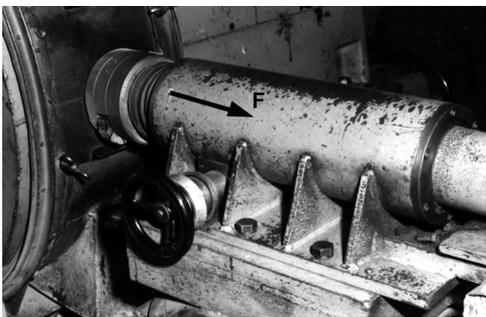


Bild 3.66 Abrichteinrichtung für eine Sonderschleifmaschine
Hauptkraft wirkt in Pfeilrichtung
Hauptmangel: Die vier sattelartigen Rippen werden auf Biegung beansprucht. Für die Steifigkeit dieser Einrichtung in Pfeilrichtung ist die Rippendicke verantwortlich.
Nebenmängel: Nähte unter dem Rohr sind für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

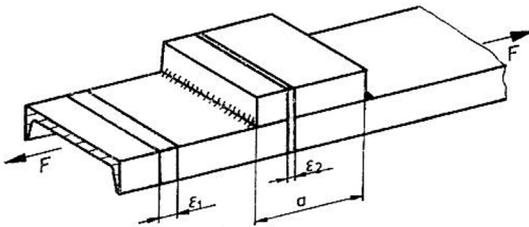


Bild 3.67 Zugbeanspruchter U-Träger mit Verformungsbehinderung

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.

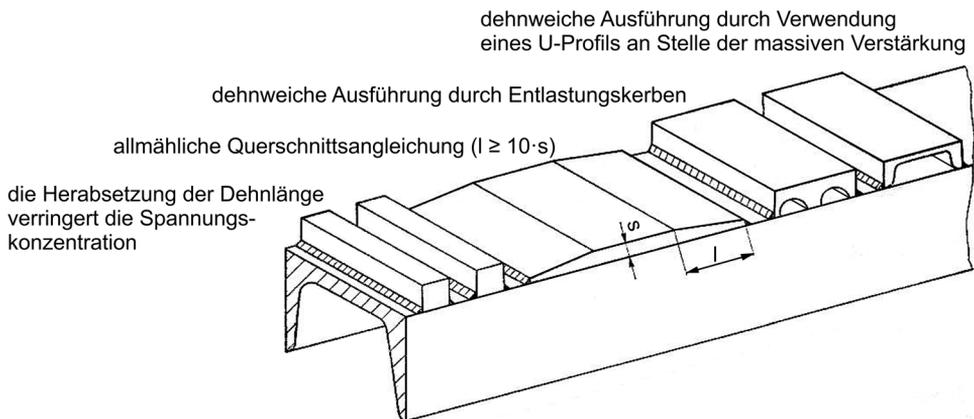
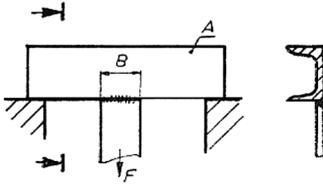


Bild 3.68 Abhilfe für Verformungsbehinderung nach Bild 3.67

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



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

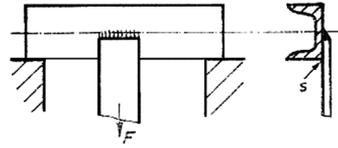
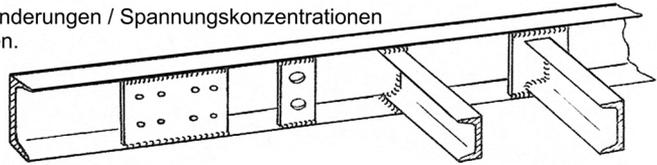
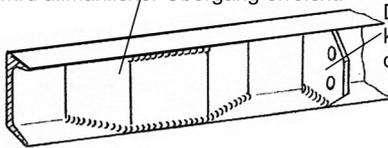


Bild 3.69 Biegeträger mit Verformungsbehinderung durch Zugstabanschluss

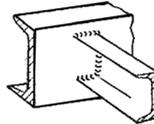
Ungünstig – mit Verformungsbehinderungen / Spannungskonzentrationen in den Schweißnähten.



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:

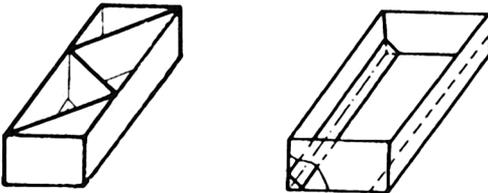


Bild 3.71 Aussteifung offener Kästen für Torsion

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*)

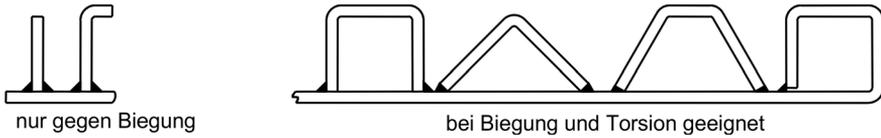


Bild 3.72 Versteifungen flächiger Teile durch aufgeschweißte Profile

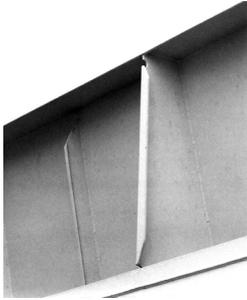


Bild 3.73 Blechversteifung mit Abkantung

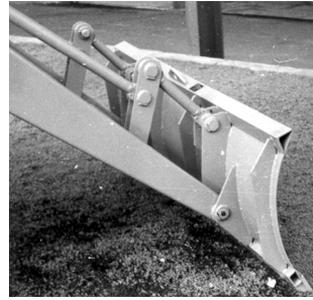


Bild 3.74 Planierschild
Planierarbeiten an ungleichmäßigen Erdschichten können eine Torsionsbelastung des Schildes hervorrufen. Die hohlen Aussteifungen mit Winkel- und U-Profil sorgen für Torsionssteifigkeit.

■ 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.

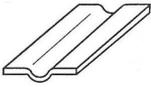
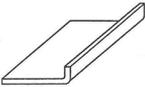
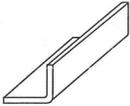
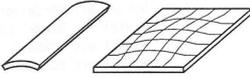
				
Sicke Halbrunde lineare Vertiefung/ Erhöhung (auch trapezförmig)	Bördel Hochgestellte Kante geringer Höhe (meist rechtwinklig)	Abkantung Hochgestellte Kante größerer Höhe	Wölbung Einfache Wölbung vorrangig für stabartige, schalenförmige Wölbung für flächige Blechteile	Spiegel Flächige Vertiefung/ Erhöhung

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*).

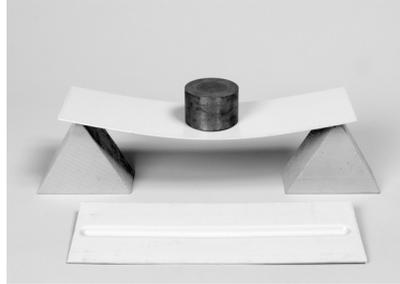


Bild 3.76 Demonstrationsmodelle für Blechversteifungen [45]

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

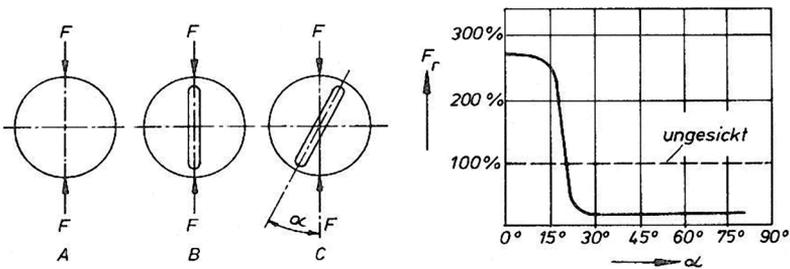


Bild 3.77 Blechscheibe unter Knickbeanspruchung [30]

Knickkraft ohne Sicke: 100%

Knickkraft mit Sicke: 280%

Knickkraft quer zur Sicke: 20%

Liegt die Sicke quer zur Krafrichtung, 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*.

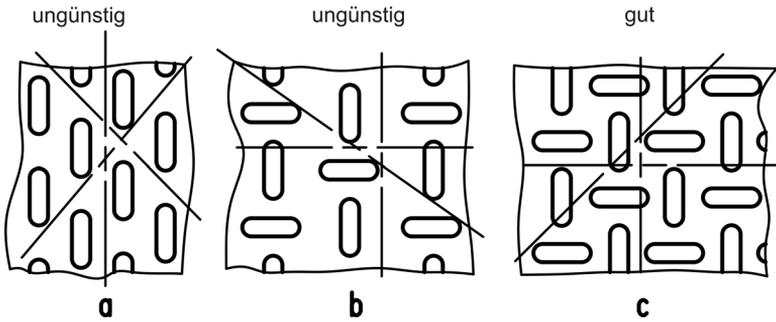


Bild 3.78 Sickenbilder [30]

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.

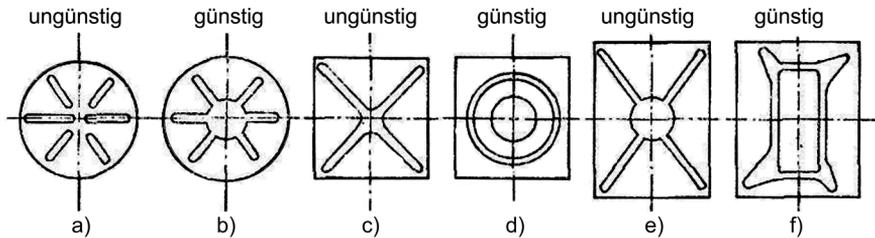


Bild 3.79 Sickenbilder [30]

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*).

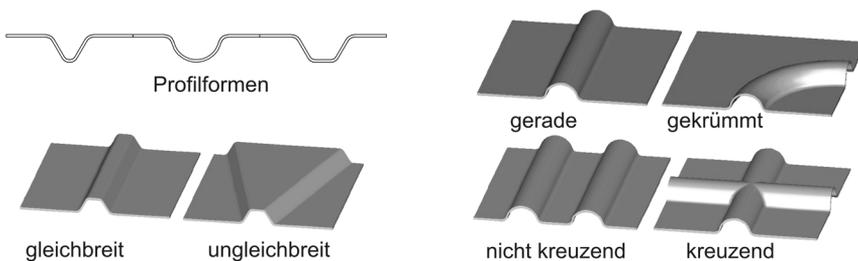


Bild 3.80 Sickenquerschnitte und Sickenverläufe

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
Ausklinkung 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
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
Entlastungskerbene 60
Entwicklungsrisiko 28
Erscheinungsbild 16, 130
– gefälliges 130

F

Federstecker 242
Feinbearbeitung 183
Feingestaltung 125, 198
Feinschichten 96
Fertigungsdurchlauf 98, 182
Fertigungsgenauigkeit 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
Gießereipraktikum 113
Gratbildung 124, 168
Gratlage 124
Greiferkopf 101
Grenzrachenlehre 218
Grobblech 17, 62, 96, 136, 148,
156, 178
Groggestalt 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
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
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 Mittelbleche
 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