



Leseprobe

Gerhard Hoenow, Thomas Meißner

Konstruktionspraxis im Maschinenbau

Vom Einzelteil zum Maschinendesign

ISBN (Buch): 978-3-446-44054-8

ISBN (E-Book): 978-3-446-43994-8

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-44054-8>

sowie im Buchhandel.

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	9
1.1	Ausgangspunkt	9
1.2	Analyse als Voraussetzung für das Gestalten von Maschinen	11
1.3	Variantenbildung und Varianteneinschränkung	17
	Zusammenfassung	24
1.4	Erfinden oder konstruieren?	24
	Warnung	26
1.5	Lösungen – Einführung	26
2	Fertigungs- und kostengerechtes Gestalten	31
2.1	Die Verantwortung des Konstrukteurs	31
	Zu Werkstoffen und Wanddicken	35
2.2	Wirkflächen und Wirkflächenvariation	38
2.3	Fertigungstechnische Grundrichtungen und Vorzugsformen	40
	2.3.1 Eine Übersicht für den Konstrukteur	40
	2.3.2 Funktionsintegration	43
	2.3.3 Integralbauweise	47
	2.3.4 Armierungsbauweise	50
	2.3.5 Differenzialbauweise	53
2.4	Formteilgestaltung	54
	2.4.1 Sandguss-Formteile	55
	2.4.2 Formteilgestaltung für Dauerformen	62
	2.4.3 Zu den Besonderheiten der Kunststoff-Formteile	67
	Zur Gestaltung von Kunststoffspritzguss	67
	Gestaltungsregeln und Beispiele	68
	2.4.4 Faser-Kunststoff-Verbunde (FKV)	78
	Welche FKV-Eigenschaften für den Maschinenbau?	79
	2.4.5 Gesenkschmiede-, Fließpress- und Feinschneid-Formteile	82
	Gesenkschmiedestücke	82
	Fließpressteile	84
	Feinschneid-Formteile	86
	2.4.6 Formteilmontage durch Innendruck	88
2.5	Die Formenwelt des Rundknetens	93
2.6	Lösungen – Fertigungs- und kostengerechtes Gestalten	96
3	Spezielle Anforderungen und Gestaltungsmittel	97
3.1	Minimaler Bauraum für eine Baugruppe	97
3.2	Vom Vollkörper zum Minimalkörper	104
	Minimalkörper durch Blechanwendung	104
	Minimalkörper bei Gussstücken	107
	Minimaler Baukörper auf der Basis Draht bzw. Rundstahl	109
	Minimalkörper – Beispiele	111
3.3	Zum Problem minimaler und optimaler Bauraum für eine Maschine	113
3.4	Segmentierung und Lamellenbauweise	116
3.5	Das „Bauelement“ Elastizität	119

3.6	Das „Baelement“ Bruchfläche.....	124
3.7	Die hohle Welle.....	125
3.8	Wellendichtungen für hohe Drehzahlen.....	129
3.9	Dicht ohne Dichtung	132
3.10	Kräfte, Kraftwirkungen und deren zweckmäßige Beherrschung.....	135
	Funktionsbehindernde Reibung.....	141
	Brechstangen- und Kniehebeleffekt.....	146
3.11	Lösungen – Spezielle Anforderungen und Gestaltungsmittel	149
4	Füge- und montagegerechtes Gestalten	152
4.1	Zur Auswahl der Fügeverfahren.....	152
	Fügeoperationen bei der Teilefertigung	155
	Füge- und kostengerechtes Gestalten.....	156
4.2	Schraubenverbindungen, geschraubte Verbindungen und andere Gewindeanwendungen	157
4.2.1	Gewinde am Maschinenteil.....	157
	Gewinde zentriert nicht!	160
4.2.2	Zum Sichern von Schrauben und anderen geschraubten Bauelementen	163
	Welche Schraubensicherung bevorzugen?	163
	Zum Sichern von Nutmuttern und Gewindingen	164
4.2.3	Der Rundstahl-Schraubbügel und das Spannband.....	166
4.2.4	Unverlierbare Schrauben für Reparaturen vor Ort	168
4.3	Laserschweißverbindungen	170
4.4	Montagegerechtes Gestalten.....	177
4.4.1	Wenige Bauelemente – die entscheidende Größe	177
4.4.2	Fügen beim Urformen	179
4.4.3	Integrierte Verbindungselemente	181
4.5	Zur Gestaltung der zu montierenden Bauelemente	190
5	Zum Gestalten von Maschinen	191
5.1	Anlässe für neue Maschinenkonstruktionen.....	191
5.2	Konstrukteuraufgaben und Designeraufgaben	194
5.3	Zur Gliederung einer Maschine in Baugruppen	202
	Gliedern in Baugruppen	202
	Die transportgerechte Maschine.....	205
	Zur Montage der Baugruppen am bzw. im Maschinengestell	206
	Justieren der Maschinenbaugruppen	208
5.4	Großteilgestaltung – die Gestaltung von Tragwerken	210
5.4.1	Einleitende Bemerkungen	210
5.4.2	Tragwerke in Gussbauweise	213
5.4.3	Geschweißte Tragwerke.....	214
	Die Profilbauweise	215
	Die Wandbauweise.....	216
	Die Mischbauweise	219
5.4.4	Die Schraubbauweise.....	220
5.4.5	Die Zugankerbauweise.....	222
5.4.6	Granit – natürliches Gestein als Basismaterial für Präzisionsmaschinen	223
5.4.7	Mineralguss – nicht nur ein neuer Werkstoff!.....	227

	Eingießteile.....	229
	Genauigkeitsflächen	231
	Eingießen, Untergießen und Kleben	231
	Verlorene Kerne.....	232
	Gießformen und ihr Gestalteinfluss	232
	Formentypen und ihre Eigenschaften.....	234
	Einhausung und Oberflächen	235
	Systemlösung/Rumpfmachine	235
	Anwendungsbereiche und zusammenfassendes Urteil.....	235
5.4.8	Tragwerke aus Kunststoffen mit und ohne Faserverstärkung	237
	Tragwerke in FKV-Bauweise	238
5.4.9	Zur Auswahl einer zweckmäßigen Tragwerksbauweise	239
5.5	Das Maschinendesign und seine Teilaufgaben.....	240
5.5.1	Die Herangehensweise – wer macht den ersten Schritt?.....	240
5.5.2	Baukörpergestaltung – die Kernaufgabe des Maschinendesigns	242
5.5.3	Rohrleitungen, Schläuche, Kabel (RSK) – das vergessene Kapitel	258
	Versorgung bewegter Baugruppen.....	260
	Schläuche und Kabel an mobilen Geräten	262
	Geschützten Verlauf der RSK gewährleisten.....	263
5.5.4	Feingestaltung	264
5.5.5	Gestaltung der Kontaktzone Mensch – Maschine.....	270
	Berücksichtigung zeitweise auszuübender Tätigkeiten	271
	Gestaltung der Bedienzone – die eigentliche Kernaufgabe	274
	Gestaltung von Steh- und Sitzarbeitsplätzen.....	275
	Bedienelemente und Greifraum.....	276
	Beschriftung oder symbolische Zeichen?	277
5.5.6	Grafik und Farbe an der Maschine.....	282
	Zur Produktgrafik	283
	Farbgestaltung.....	284
5.5.7	Die Vorteile der Zusammenarbeit Konstrukteur – Designer.....	286
5.6	Lösungen – Zum Gestalten von Maschinen	287
6	Zusammenfassende Bemerkungen und Ausblick	288
	Zum konstruktiv-gestalterischen Denken.....	288
	Zum Wert der Gestaltungsregeln und der Notwendigkeit einer gründlichen Erprobung.....	288
	Zur Einführung neuer Bauweisen	289
	Literatur- und Bildquellen	290
	Sachwortverzeichnis	295
	Farbbildteil	305

Vorwort

Mit diesem Buch soll ein Beitrag zur Entwicklung des konstruktiv-gestalterischen Denkens des Maschinenbaukonstruktors geleistet werden. Dieses Denken bewegt sich nicht auf wissenschaftlich fundierten Wegen, sondern in einem Grenzgebiet zwischen Wissen und Kunst. Der gute Konstrukteur durchdenkt mehr oder weniger gleichzeitig mehrere Lösungsansätze. Das geschieht zum Teil bewusst, aber auch unbewusst. Es werden anspruchsvolle Kenntnisse einbezogen, aber auch viele technisch triviale Tatsachen sind zu berücksichtigen, an passender Stelle unterstützen Entwurfsberechnungen. In diese **Gestaltungskunst** muss man sich schrittweise hineinarbeiten, um sichere Wege zu beschreiten. Zur vollständigen Beherrschung dringt man erst – wenn überhaupt erreichbar – nach längerer Berufspraxis vor. Es können keine Rezepte vermittelt werden, die eine schnelle Entwicklung zum guten Maschinenkonstrukteur garantieren. Sicher ist nur:

- Es geht nicht schnell.
- Es erfordert viel Interesse.
- Es kann eine sehr befriedigende Tätigkeit sein.

Es darf aber nicht unerwähnt bleiben, dass bei aller Befriedigung im Beruf eine öffentliche Anerkennung des Konstrukteursberufs selten ist und die Wahrscheinlichkeit, dass auf dem Gebiet des Maschinenbaus heute der Name eines Konstrukteurs und Erfinders so bekannt wird, wie das für die Namen Otto und Diesel der Fall ist, dürfte „bei null liegen“.

Mit dem Buch „Entwerfen und Gestalten im Maschinenbau“ – im gleichen Verlag erschienen – haben die Verfasser bereits einen Teilbeitrag zur genannten Zielstellung geleistet. Während sich dieses erste Buch vorrangig an Studierende des Maschinenbaus richtet und im Wesentlichen den Bereich der Einzel- und Kleinserienfertigung behandelt, ist hier diese Einschränkung aufgehoben. Das heißt aber nicht, dass die Einflüsse der im Serien- und Großserienbereich einsetzbaren Fertigungsverfahren vollständig erfasst und vermittelt werden können. Es können nur die Grundrichtungen und übergreifende Gestaltungsregeln und -ansätze vermittelt werden, die je nach Arbeitsgebiet des Lesers durch Spezialliteratur zu ergänzen sind; auch das Internet bietet viele aktuelle und praktische Informationen. Der fachliche Austausch ist ebenfalls wichtig, so war für dieses Buch die Mitarbeit von Ingenieuren – u. a. *Ina Meißner, Bernd Platz, Harry Thonig, Rainer Bieck*, Studierenden der TU Dresden und der FH Lausitz und die Bereitstellung von Bildern durch verschiedene Firmen sehr wertvoll; für den ausführlichen Dank an alle Beteiligten reicht diese Seite leider nicht.

Die vielen im Buch behandelten Beispiele sind keinesfalls immer aktuellen Aufgaben entnommen, sondern sind über viele Berufsjahre der Verfasser zusammengetragen worden. Der Leser soll mit älteren Beispielen nicht in die Maschinenbaugeschichte eingeführt werden, sondern soll Sachverhalte erkennen, die er selbst auf seine heutigen und zukünftigen Aufgaben übertragen muss. Eine Konstruktionslehre, die die Lösungen für die Aufgaben von morgen beschreibt, gibt es nicht.

Der Leser sollte dieses Buch als **Begleitbuch** bei der Bearbeitung konstruktiv-gestalterischer Aufgaben in der Konstruktionspraxis und im Fachstudium betrachten, wo es ähnlich den Büchern des technischen Zeichnens und der Maschinenelemente zur Hand sein sollte.

Gerhard Hoenow und Thomas Meißner

2 Fertigungs- und kostengerechtes Gestalten

Fertigungsgerechtes und kostengerechtes Gestalten sind untrennbar verknüpft, denn es geht beim fertigungsgerechten Gestalten keineswegs nur darum, dass ein Bauteil überhaupt herstellbar ist, sondern dass es bei voller Erfüllung der Funktion mit möglichst geringen Gesamtherstellkosten gefertigt und montiert werden kann. Wenn im weiteren Text nur mit dem Begriff *fertigungsgerecht* gearbeitet wird, ist also immer die synonyme Bedeutung des Titels gemeint.

2.1 Die Verantwortung des Konstrukteurs

Auf dem Weg zum fertigungsgerechten Bauteil bzw. Erzeugnis helfen die in [34] dargelegten und erläuterten Regeln F1 bis F4, sie lassen sich durch Regeln zur Gestaltung von Gussstücken, Schweißkonstruktionen und Blechteilen sowie zur spanenden Bearbeitung und Montage untersetzen – siehe Tafel 2.1.

Werkstoff gut ausnutzen! <ul style="list-style-type: none">• Rohteil gleich Fertigteil (z. B. bearbeitungsfreie Gussstücke) oder• Rohteil dem Fertigteil weitgehend angenähert
Stufenarmen Fertigungsprozess anstreben!
Minimale Anzahl von Aufspannungen anstreben!
In einer Aufspannung fertig bearbeiten!
Wenige Einzelteile anstreben!
Grundregeln und Kernaussagen zur Gestaltung von Guss-, Schweiß- und Blechkonstruktionen:
<ul style="list-style-type: none">• Gussstücke lassen komplizierte Gestalt zu, aber nicht jede Gestalt ist ökonomisch vertretbar!• Schweißkonstruktionen kennen keine Baugrößenbegrenzung und benötigen kein Modell. Die beste Schweißkonstruktion hat wenige Schweißnähte!• Bei Blechkonstruktionen ist die gleichmäßige Wanddicke durch geschickte Gestaltung zu kompensieren!• Blech- und Schweißkonstruktionen kennen keine technologisch bedingte Mindestwanddicke – Leichtbau ist Pflicht!

Tafel 2.1 Regeln des fertigungsgerechten Gestaltens

In [34] ist das fertigungsgerechte Gestalten eingeschränkt auf die Mengenbereiche der Einzel- und Kleinserienfertigung. Für Studierende des Maschinenbaus wird damit nach dem Technischen Zeichnen die Grundlage für den Einstieg in die Maschinenelemente und die ersten Konstruktionsbelege gebildet. Das vorliegende, darauf aufbauende Buch erfasst auch die Bereiche der Serien- und Großserienfertigung. Dabei ist es nicht möglich, auch nur annähernd eine Vollständigkeit zu erreichen, wenn es ein handhabbares Buch sein soll – allein die Fülle der Fertigungs- und Fügeverfahren lässt das nicht zu.

Da unter Nutzung der fertigungstechnischen Möglichkeiten und Einrichtungen eigentlich jede beliebige Gestalt erzeugt werden kann – Bild 2.1 – steht für den gestaltenden Konstrukteur grundsätzlich immer die Frage:

- Was ist bezahlbar? Oder besser gefragt:
- Wie ist minimaler Aufwand – von Teilefertigung bis Endmontage – erreichbar?



Bild 2.1 Fertigungsgerechtes Gestalten, was ist möglich? Das geschmiedete Tor (Detail) und die Blechtreiarbeit (Goldener Reiter, Dresden) geben die Antwort: Alles!

Es gibt Bemühungen, dem Konstrukteur die Quellen aller Herstellkosten zu benennen und die Kosteneinflüsse zu verdeutlichen – siehe [15]. Dieser Ansatz ist gut, er darf aber nicht darin gipfeln, den Konstrukteur zum Kostenrechner zu entwickeln. Der Konstrukteur hat sein eigenes Aufgabenfeld, aber braucht Unterstützung.

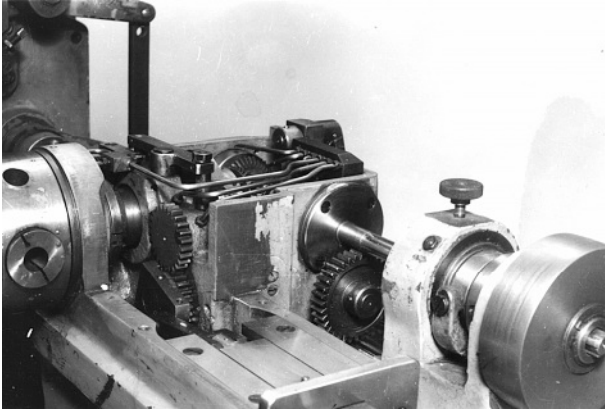
Kostendenken ist Gemeinschaftsaufgabe! (frei nach [15])

Das trifft insbesondere für den Anfang einer Neuentwicklung zu, der nie allein von der Konstruktionsabteilung getragen werden sollte. Einige weitere Aussagen hierzu sind im Abschnitt 5.1 dargelegt. Welche Möglichkeiten kann aber den Konstrukteur direkt erreichen? Hierzu empfiehlt [15]:

- Der Konstrukteur informiert sich selbst im Unternehmen (sollte selbstverständlich sein)
- Der Konstrukteur wird vom Fertigungsberater informiert
 - nach Anruf
 - bei Rundgang zu festen Zeiten
 - durch ständigen Kontakt – Berater hat seinen Arbeitsplatz im Konstruktionsbüro und übt fertigungstechnische Zeichnungskontrolle aus
- Der Konstrukteur kontaktiert den entsprechenden Zulieferer (Gießerei, Modellbau usw.)

Versteht es der Konstrukteur, zum richtigen Zeitpunkt seiner Konstruktionsarbeiten dem Berater die richtigen Fragen zu stellen, kann diese Art der Unterstützung sehr hilfreich sein. Vom Berater sind durchaus wichtige Hinweise zu erhalten. Die zur einfachen konstruktiven Lösung führenden Schlussfolgerungen sind Konstrukteuraufgabe, erfordern viel Übung,

viel konstruktives Gefühl, Geduld und gute Lehrer während der Ausbildung und in der Phase des Berufseinstiegs. Fehlt eine solche „Führung“, können Konstruktionen wie in Bild 2.2 entstehen. Nach der Bereinigung der konstruktiven Funktionsmängel – wie bei fast jeder Neukonstruktion – war diese Maschine über mehrere Jahre in Serienfertigung, die Kompliziertheit blieb.



Die Maschine wurde über viele Jahre produziert und erfolgreich eingesetzt. Erst die zweckmäßigere Nachfolgegeneration offenbarte die Kompliziertheit: Die Al-Gussabdeckung erfordert Fräsen in fünf Ebenen und die Bearbeitung einer großen Rundung. „Kompliziert konstruieren ist leicht!“

Bild 2.2 Revolverkopf eines Drehautomaten (Abdeckhaube demontiert, siehe auch Bild 3.82)

Es muss betont werden, dass hier mit dem Begriff „einfach“ nicht eine primitive Gestaltung, sondern die Tendenz zu einer genial einfachen Konstruktion gemeint ist. Die zwei folgenden Beispiele sollen zum weiteren Verständnis beitragen. So wird mit Bild 2.3 eine kostensparende Lösung vorgestellt, die durchaus noch verbessert werden kann.

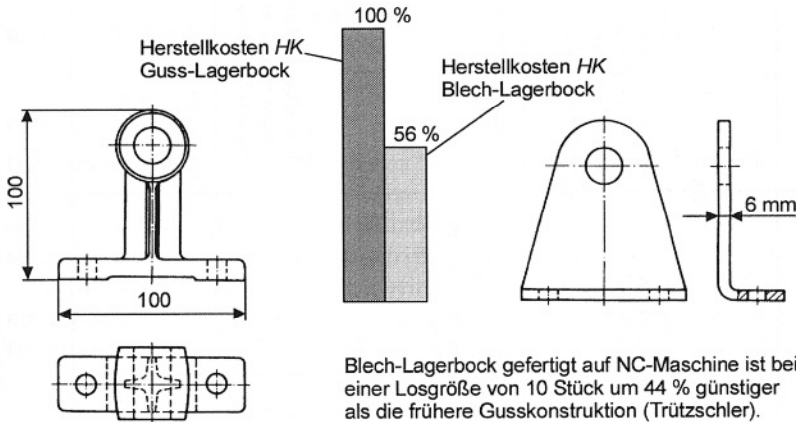
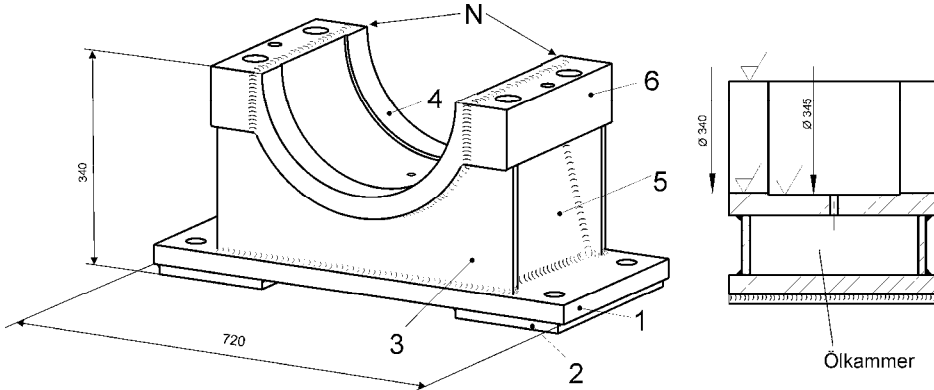


Bild 2.3 Beispiele für kostengünstige Blechkonstruktionen, hergestellt auf NC- Stanzmaschine [15]

Die Umstellung eines Gusslagerbocks auf ein einfaches Blechteil führte zu einer beeindruckenden Kosteneinsparung. Die Blechteilgestalt ist dagegen enttäuschend. Hier ist der Begriff primitiv anwendbar. Die Blechdicke ließe sich ohne Weiteres verringern, wenn Ecksicken und eine gezogene Lagerstelle Anwendung finden würden, was ebenfalls auf NC-Stanzmaschinen machbar ist. Der in Abschnitt 1.1 erwähnte Meißelhalter liegt auf gleicher Ebene.

Ein häufiger Mangel bei Schweißkonstruktionen besteht darin, dass vorangegangene Gusskonstruktionen einfach nachgebildet werden, ohne die veränderten Gestaltungsmöglichkeiten zu beachten. Die Lagerschale – Teil 4 in Bild 2.4 – ist ein derartiges Beispiel. Hinzu kommt, dass dieses Teil mit einer Dicke von 50 mm nur durch Warmumformung gebogen werden kann und vor dem Schweißen noch bearbeitet werden muss.

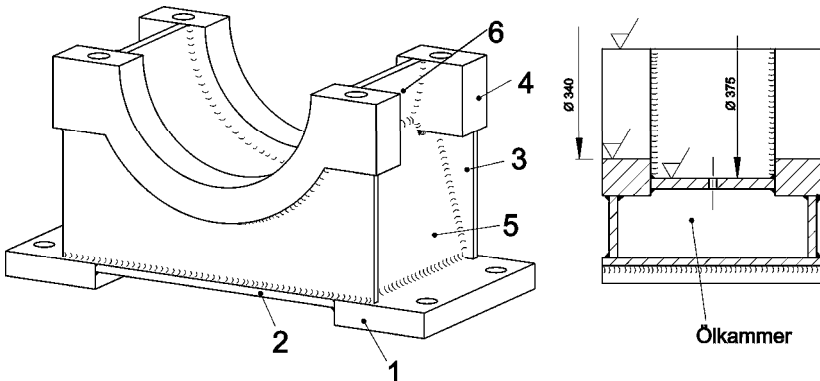


Nachteile: Nähte N liegen in den Arbeitsflächen, Teil 4: Blechbiegeteil ($t = 50$) mit Bearbeitung vor dem Schweißen

Hinweis: Der Raum unter Teil 4 wird als Ölkammer genutzt; Einfüll-, Ölstandskontrolle und Ablassschraube sind nicht dargestellt. Die Schweißkonstruktion wurde vermutlich nach dem Vorbild einer ähnlichen Gusskonstruktion gestaltet.

Bild 2.4 Stehlager-Gehäuse-Unterteil [76]

Die in der Bearbeitungsebene liegende Naht N war Anlass für die Lösung nach Bild 2.5. Der Gestaltungsansatz mit den Brennschneidteilen 4 ist zu begrüßen und Ergebnis der Beratung mit dem Schweißingenieur [76]. Aber auch er bleibt der ursprünglichen Gestalt zu stark verhaftet.



Die Nachteile, insbesondere die Nähte N, wurden beseitigt, das Biegeteil wurde durch ein halbes Rohrstück 6 ersetzt. Die Teile 4 sind Brennschneidteile ($t = 70$). Die Anzahl der Schweißnähte wurde nicht verringert.

Bild 2.5 Stehlager – verbesserte Variante [76]

Aufgabe 2.1 Verringern Sie die Anzahl der Schweißteile unter Beibehaltung des Gestaltungsansatzes durch Brennschneiden/Laserschneiden. Die Ölkammer ist beizubehalten.

Die zweite Haupteinflussgröße neben der Wahl des Hauptfertigungsverfahrens und der gestaltbedingten Anzahl der Fertigungsoperationen geht vom verwendeten Werkstoff und der erforderlichen Werkstoffmenge aus. Neben der funktionsbedingten Baugröße hat der Konstrukteur mit der Wahl der Wanddicke seiner Bauteile darauf den größten Einfluss, und er sollte sich bewusst sein, dass die **Materialkosten** ein Mehrfaches der **Lohnkosten** betragen können [15].

Zu Werkstoffen und Wanddicken

Effektives Gestalten ist nicht denkbar ohne Wahl eines Werkstoffes – mindestens jedoch der Werkstoffgruppe und unter Umständen eines Halbzeugs (z. B. Blech oder Profilmaterial). Voraussetzung für die Werkstoffwahl ist neben der **selbstverständlichen Kenntnis der Werkstoffeigenschaften** die Kenntnis der Kosten. Die Relativkosten nach Bild 2.6 sind für den Konstrukteur ausreichend.

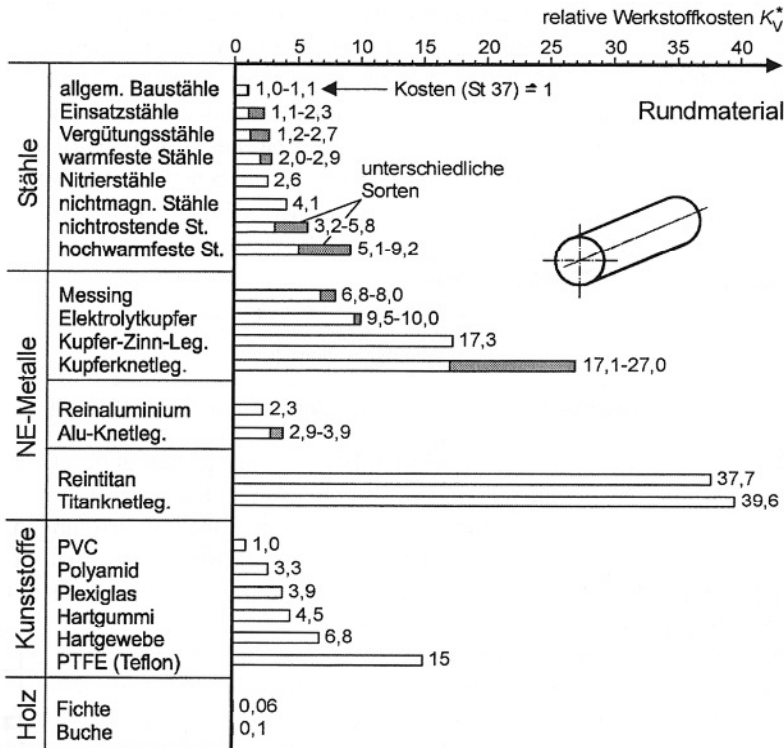


Bild 2.6 Beispiel für Werkstoff-Relativkosten (K_v^* = Kosten pro Volumen bezogen auf USt 32 Rundmaterial) [15]

Für Gusswerkstoffe gilt seit längerem [15]:

Grauguss	:	Kugelgraphitguss	:	Temperguss	:	Stahlguss	=
1	:	1,2 ... 1,5	:	1,7	:	2,0 ... 2,5	

In einem gut geführten Unternehmen sollten aktuelle Relativkosten einer dem Erzeugnispektrum angepassten Materialauswahlliste selbstverständlich sein, wobei Richtwerte für Mindestmehrzuschläge nicht fehlen sollten.

Jeder Werkstoff kann zweckmäßig und unzweckmäßig eingesetzt werden. Biegebeanspruchte Natursteinquader können nur geringe Abstände überbrücken und erfordern geringe Pfeilerabstände; die Belastbarkeit gegenüber einer Gewölbebrücke ist gering. Der falsche und richtige Einsatz der Konstruktionswerkstoffe im Maschinenbau ist nicht immer so augenscheinlich.

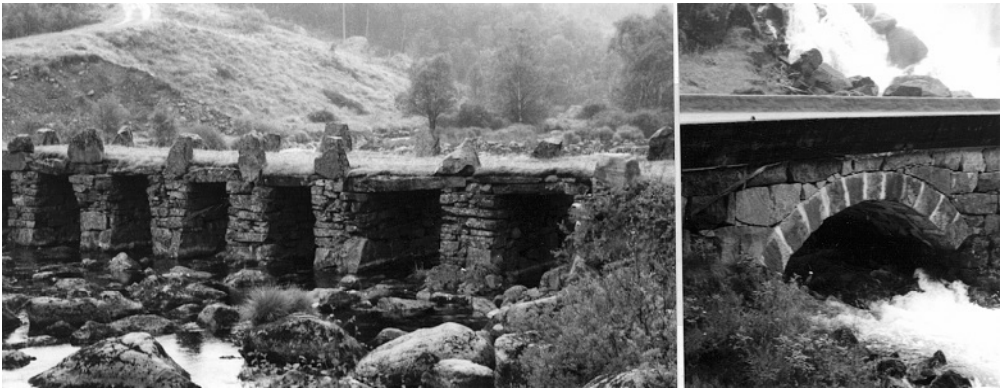


Bild 2.7 Jeder Werkstoff kann zweckmäßig und unzweckmäßig eingesetzt werden

Die Wahl der **Wanddicke** ist nicht immer allein an Beanspruchung und Berechnung gebunden. Während bei Schweißkonstruktionen und Blechteilen geringste Wanddicken keine grundsätzlichen Fertigungsprobleme darstellen, ist das bei Guss- und Schmiedestücken anders. Wird bei Guss aller Art eine bestimmte minimale Wanddicke unterschritten (für jede Werkstoffart und jedes Gießverfahren sind das unterschiedliche Werte), fließt der Werkstoff nicht mehr oder nur unvollkommen in den Formspalt. Mit Sondermaßnahmen kann die minimal gießbare Wanddicke eventuell herabgesetzt werden, aber das bedeutet Kostensteigerung oder unerwünschte Veränderung der Gusseigenschaften. Die für den Konstrukteur **maßgebende Wanddicke** ist daher immer die von der Gussstückgröße abhängige, **ohne Sondermaßnahmen gießbare Wanddicke**. Diese Minimalwanddicke ist zweifellos auch vom Gießerei-Know-how abhängig. Bei Gesenkschmiedestücken besteht ebenfalls eine ähnlich geartete minimale Wanddickengrenze.

Gut konstruierte Gussstücke sind aus minimal gießbaren Wanddicken aufgebaut und beherrschen die Beanspruchung durch eine zweckvolle kraftgerechte Gestaltung – siehe hierzu Tafel 2.2 – die Zeit klotziger Wanddicken sollte überwunden sein. Bild 1.8 links zeigt ein solch negatives Beispiel, dagegen steht der Doppelflansch nach Bild 2.8.

K1: Leite Kräfte auf kurzen und direkten Wegen!

K1.1: Zug ist die ökonomischste Beanspruchungsart!

K1.2: Jede vermiedene Kraftumlenkung beseitigt werkstoffaufwändige bzw. verformungsungünstige Biegung!

K2: Strebe bei nicht vermeidbarer Biegung kurze Biegelängen an!

K3: Ordne jeder Beanspruchungsart den entsprechenden materialökonomischen Querschnitt zu!

K3.1: Biegeträger sollten dem Biegemomentenverlauf angepasst werden!

K3.2: Beachte Größeneinfluss und Herstellbarkeit bzw. Herstellaufwand!

K4: Torsion bei offenem Querschnitt verlangt Dreieck- oder Diagonalverrippung.

K5: Öffnungen in geschlossenen Torsionsquerschnitten in Größe und Anzahl auf ein Minimum begrenzen.

Kraftgerechte Blechteile zeichnen sich durch Sicken, Bördel, Abkantungen, Wölbungen und Spiegel aus.

Tafel 2.2 Grundregeln des kraftgerechten Gestaltens und Kernaussagen zur kraftgerechten Blechteilgestaltung

Sachwortverzeichnis

- Abdeckung 33, 71, 135, 207, 267
- Abführen 131
- Ablesezeit 277
- Abriebstoffe 146
- Abschirmen 131
- Abspritzen 131
- Abstand 98ff., 141, 143, 149, 151, 209
- Abstand, minimaler 98, 100, 149
- Abstandselement 49
- Abweisen 131
- Achsbolzenbefestigung 161
- Achse 20 ff., 25, 26, 46, 102, 145, 163, 287
- Allwetterbeständigkeit 238
- Analysegesichtspunkt 13, 148
- Anguss 54, 68, 70, 71
- Anhänger 198 ff., 250
- Anhängerkotflügel 250
- Anlagenbaugruppe 206
- Anpassungsrippe 68, 73
- Anpressung 133, 165
- Ansatz, mathematischer 179
- Antriebsaggregat 207
- Antriebseinheit 114, 115, 202, 287
- Arbeitsbühne 272, 274
- Arbeitsschutz 271
- Arbeitszylinder 62, 103
- Architektur 196, 244
- Armierungsbauweise 50 ff., 101, 179
- Aufblasdruck 89
- Auffangen 131
- Aufgabe 1 13, 14, 16, 23, 25
- Aufgabe 2 35, 77
- Aufgabe 3 104, 110, 141, 143, 144, 148
- Aufgabe 5 193, 282
- Aufwandsminimierung 289
- Aufweiten 90, 128
- Augenschraube 169, 274
- Ausleger 200, 205, 220, 225
- Auslegerhubgetriebe 204
- Ausrückgabel 106
- Ausschwingkurve 228
- Außenkern 55, 56
- Aussteifung 217, 244, 245
- Auswerfer 54, 65
- Auswerferstift 66
- Autokrancockpit 275
- Axialbewegung 141, 145
- Axialsicherung 45, 148, 184, 185
- Ballengriff 280
- Bauart 113 ff., 180, 211, 219, 222
- Baugröße 24, 35, 135, 166, 178, 191, 214, 228
- Baugruppe 55, 92, 97, 99, 101, 202, 205, 261
- Baugruppengestaltung 203, 288
- Bauhausbewegung 134, 196, 244
- Baukasten 220, 221, 239, 259
- Baukörper, minimaler 78, 108 ff., 240 ff., 256, 264
- Baukörper, originäre 245
- Bauraum 97-116, 148, 158, 259, 261
- Bauraum, beengter 148
- Bauraum, minimaler 97, 99 ff., 113, 116, 148
- Bauschlosserdesign 270
- Baustellenbetrieb 287
- Bauteil, pulvermetallurgisch 64
- Bauteilgestaltung 9, 42, 289
- Bauweise 25, 113, 193 ff., 238 ff.
- Bearbeitungskraft 136
- Bedienaufgabe 274
- Bedienelement 241, 250, 275 ff.
- Bedienhebel 279
- Bedienplatz 275
- Bedienpult 248, 248, 250
- Bedienzone 241, 271, 274
- Befestigungsauge 67, 70
- Befestigungslasche 167
- Beinfreiraum 275
- Berechnungsingenieur 78
- Beschickungsbühne 113
- Beschriftung 277ff.
- Betätigungselement 279 ff.
- Beulen 75, 216, 287
- Beurteilung, analytische 17
- Bewertung 21, 22, 24, 242, 288
- Biegegelenk 121, 122
- Biegekrafteinleitung 147

- Biegelappen 187
 Biegeverformung 68, 137, 141
 Bindenähte 68, 70, 71
 Blattfeder 122
 Blechfaltkonstruktion 111
 Blechhebel 105
 Blechkasten 183, 184
 Blechkonstruktion 31, 33, 48, 49, 105 ff.,
 244, 251
 Blechlamellen 117 ff., 123
 Blechmutter 159, 160, 181
 Blechschelle 109
 Blechschichten 118
 Blechschnapper 183
 Blechspitze 112
 Blechwinkel 142, 143
 Blickfeld 194, 253, 275
 Blindbedienung 278, 279
 Blumentopf 58, 62
 Bodenteil 77
 Bodentragwerk 212
 Bohrfutter 125
 Bohrungskante 146
 Bördel 37, 80, 85, 143, 181
 Brechstangeneffekt 146, 147
 Breitkeilriemengetriebe 144
 Bremsbacke 46, 51, 122
 Bremse 24, 45 ff., 73, 122,
 Bremshebel 47, 185
 Bruch 261
 Bruchfläche 86, 124, 125, 227
 C-Gestell 25, 30, 222, 223, 287
 Chemikalienbeständigkeit 78, 79, 238
 Clinchen 181, 189
 Clinchverbindung 153, 154
 Dämpfungselement 114
 Darstellungstechniken 286
 Dauerform 62
 Deckel 13, 26, 104, 132, ff., 167, 182, 206,
 251, 274
 Deckel, öldicht 133, 135
 Deckelbefestigung 149, 159, 274
 Deformationsgefahr 74
 Dehnlänge 161, 167
 Denkweise des Konstrukteurs 55, 288
 Dichtfläche 132 ff.
 Dichtfläche, gewölbt 135
 Dichtung 130 ff.
 Dichtung, berührungslos 130 ff.
 Dichtung, schleifend 129
 Dichtungswirkung 130
 Dickblech 18, 27, 40, 170, 215ff., 239
 Dickblechteil 27, 28
 Differenzialbauweise 47 ff., 74
 Differenzialgewinde 122, 162
 Doppelflansch 37, 253
 Doppelhebel 57
 Doppelschraubvorrichtung 98
 Draht 40, 109 ff., 228
 Drehen 95, 114, 191, 209, 281
 Drehmaschine 203, 204
 Drehmaschinenhauptspindel 165
 Dreistellungsschalter 278
 Drillingsmaschine 194
 Drosseln 131
 Druckguss 51, 54, 62, 181, 237
 Druckluftübertragung 262
 Druckluftzylinder 85, 103
 Druckschraube 110
 Dünnblech 35, 170, 181, 215, 239
 Dünnblechbereich 170
 Dünnblechteil 39, 81, 237
 Durchsetzfügen 189
 Ecknaht 172
 Eckstoß 171, 172
 Eckverband 159
 Eigenschaft 10, 17, 38, 52, 78
 Einfallstelle 68, 70, 71, 89
 Eingießteil 181, 228 ff., 240
 Einhaken 181, 187
 Einsatzschichten 177
 Einstellen 165, 208
 Einstückvariante 18, 28, 47, 110, 117, 202
 Elastizität 47, 119 ff.
 Elektrodenarme 173, 174
 Elektromaschinenbau 81
 Energieführungskette 248, 260
 Entformen 62, 70, 232ff.
 Entformschräge 54, 214, 232
 Erfinden 24, 25
 Erprobung 141, 234, 288, 289
 Erreichbarkeitszone 276

- Erscheinungsbild 173, 194 ff., 210, 235 ff.,
250, 266, 270, 274, 286
- Extrusionsblasformen 88
- Fahrradbremshebel 47
- Fahrwerk 85, 92, 170, 263, 264
- Faltkonstruktion 211, 217
- Fanglabyrinthdichtung 131
- Fangrille 129ff.
- Farbgestaltung 251, 282 ff.
- Farbkodierung 285
- Fase 101, 234
- Faser-Kunststoff-Verbunde 78, 82, 251
- Feder 114, 120, 153
- Federaufnahme 107
- Feinbearbeitungsmaschine 114
- Feindrehmaschine 114, 115, 121, 245, 281
- Feingestaltung 240, 255, 264, 269,
286
- Feingewinde 144, 209, 231
- Feingewindeschraube 141
- Feinguss 214
- Feinschneidteil 88
- Feinzustellmeißelhalter 122
- FEM-Optimierung 82
- Fertigteil 31, 64, 82
- Fertigungsgerechtes Gestalten 31, 97, 194,
213, 256
- Fertigungsmenge 16, 23 ff., 80, 96, 135,
155, 178, 231, 257
- Fertigungsspezialisten 55, 289
- Fertigungsverfahren 24, 35, 40 ff., 67, 82
- Festigkeitsklasse 163
- Filmscharnier 67 ff., 119
- Filzringdichtung 29, 129
- FKV 78, 238
- FKV-Eigenschaften 79
- Flachdichtung 132
- Fläche 52, 86, 132
- Flächenbedarf, minimaler 113, 116
- Flachpassung 73
- Flachriemenvorgelege 20 ff., 288
- Flachschleifmaschine 193
- Flachzylinder 103
- Flansch 134, 138, 203, 253, 262, 264
- Flanschlager 189, 231
- Flanschproblem 12 f.
- Flanschverschraubung 12, 169, 254
- Fließpressteil 86
- Fließspandrehbank 191
- Fließstrecke 277
- Flügelmutter 274
- Fördergurttrommel 127
- Formanlage 277
- Formblock 193
- Formkasten 277
- Formkonglomerat 194, 247
- Formschluss 75, 95, 153, 154, 230
- Formschräge 68
- Formstoffpressling 193
- Formteil 55, 62, 67, 69, 78
- Formteilgestaltung 54, 62
- Formteilung 22, 54, 57, 192
- Fräsen 33, 117, 124, 230 ff., 294
- Fräsmaschinengestell 232
- Freizügigkeit 80, 237
- Frontplatte 287
- Fuge 251, 253, 283
- Fügen 41, 50 ff., 154 ff., 177 ff.
- Fügeoperation 47, 155
- Fügeverfahren 31, 152 ff.
- Fügevorgang 110, 161, 187, 188
- Führungsmaschine 173
- Funktionsgruppe 202, 203, 241
- Funktionsintegration 43 ff., 67, 119, 177,
213
- Funktionsprinzip 17
- Fuß 9, 28, 221, 250
- Fußflansch 13, 14, 27, 254
- Fußgestaltung 186
- Gasinjektion 67, 89
- Gebrauchsspuren 265, 285
- Gehäuseverschraubung 254
- Geländer 271
- Gelenkbolzen 146
- Gelenkgabel 18
- Genauigkeitsfläche 231, 236 ff.
- Generatorwelle 125, 126
- Gesamtmaschine 194, 204, 288
- Gesenkschmiedestück 36, 54, 82 ff., 117
- Gestalt 17, 31, 41, 80, 190, 252
- Gestalten, kraftgerecht 27, 37, 40, 104, 135,
143, 212

- Gestaltung 14, 31, 37, 55, 210, 242, 274
 Gestaltungsregel 9, 68, 127, 136 ff., 157,
 179, 212, 276, 288
 Gestell 25 ff., 194, 207, 223, 253, 287
 Gestellkonzept 204
 Getriebegehäuse 38, 45, 76, 136, 211, 246
 Gewebestruktur 80
 Gewinde 29, 39, 157 ff., 166, 181, 208, 225
 Gewindeanker 228 ff., 235
 Gewindeanwendung 157
 Gewindebolzen 160
 Gewindeflanke 160, 165
 Gewindering 164, 166
 Gießform 22, 227 ff.
 Glattwalzen 51, 52
 Gleitbuchse 141, 144, 150
 Gleitlagerstelle 138
 Gleitscheibe 141, 150
 Grafik 277, 282 ff.
 Granit 9, 223 ff., 237, 240
 Greifbereich 279
 Greifer 101, 102
 Greifraum 276
 Greifvolumen 280
 Griffkugel 280
 Griffumfeld 281, 282
 Großteil 213, 239
 Grundmaschine 194
 Grundplatte 22, 104, 152, 224, 240
 Gussrundung 59, 235
 Hakenmaschine 205
 Hakenschnappverbindung 182
 Hakenschraube 137
 Haltegriff 271
 Hand 272, 274, 278, 280
 Handdrehachse 102
 Handhabung 284
 Handlauf 272
 Hängelager 14, 27
 Hängetragwerk 212
 Haspelmaschine 202
 Haushaltnähmaschine 202
 Hebel 47, 60, 122, 145, 153, 279, 280, 281
 Hebel, fein einstellbar 121
 Hinterschnitt 62 ff., 73, 84, 214, 233
 Hinterschnittbeherrschung 68
 Hochdruckventilgehäuse 83
 Höhenjustierung 210
 Hohl-guss 60
 Hohlkörper 58, 88 ff., 127, 191, 257
 Hohlprofil 61, 139, 140, 159, 167
 Hohlwelle 23, 30, 45, 93, 125 ff., 145, 151
 Hohlzapfen-nietung 181, 185, 186
 Holzform 231, 234
 Hülle, optische 196, 247, 251
 Hydraulikleitung 263
 Hydraulikpumpe 204
 IHU 54, 89 ff., 219, 239, 289
 IHU-Formenwelt 91
 Ikonische Zeichen 283
 Innenhochdruckumformen 54, 89, 92
 Innentür 173, 174
 Jugendstil 243
 Justierbewegung 168, 210
 Justiereinrichtung 144, 208, 209
 Justieren 153, 164, 204, 208 ff.
 Justierung 140, 144, 210
 Justiervorgang 164, 231
 Kabelclip 72
 Kabelschlepp 260
 Kabeltrommel 260
 Kaffeemaschine 67, 73, 77
 Kalibrieren 51
 Karosseriefertigung 92, 173, 174
 Kaschieren 68, 71
 Kasten 139 ff., 194, 195
 Kasten, morphologisch 194, 195
 Kastenprofil 139, 167, 168
 Kastenschloss 120, 180
 Kegelgriff 274
 Keilfläche 144
 Keilprofil 144
 Keilriemenscheibe 13, 29, 44, 147
 Keilverbindung 153
 Kern 22, 55 ff., 70, 90, 230 ff., 281
 Kern (bei Sandguss) 56 ff.
 Kern, verlorener 230
 Kerneinlegestation 277
 kernlos 58, 107
 Kettenrad 101, 179, 180
 Kettensäge 89
 Kippbelastung 148

- Kipheinrichtung 277
Klappe 235, 251, 254, 274
Klebebandrollenhalter 73
Kleinbetonmischer 106
Kleinmaschine 202, 211, 237, 240, 241
Klemmeinrichtung 25, 121
Klemmen 159, 281, 282
Klemmkopf 111
Klinke 19
K-Naht 170
Knetmaschine 207
Kniehebeleffekt 146, 147
Kokillenguss 54, 62
Kolbenbaugruppe 162
Kolbenkompressor 44, 45
Kompaktbauweise 206
Konsole 57
Konstrukteurausbildung 67, 97, 109, 204, 258, 282
Konstruktionszeichnung 148
Kontaktwissen 196, 241, 286
Koordinatenmessgerät 233, 236
Korbfutter 117
Körperbewegungen 275
Körperhaltung 276
Körpermaße 275
Kosten 35, 50, 55, 154, 180, 235, 289
Kostendenken 32
Kosteneinfluss 32, 68, 72
Kraftgerechtes Gestalten 27, 37, 40, 104, 135, 143, 212
Kraftleitung 17, 170 ff., 239
Kraftschluss 154
Kraftwirkung 135, 212
Krag 76, 146, 212, 273
Kreispumpe 108
Kreiskolbengebläse 126
Kreuzgelenk 180
Kreuztischmaschine 226
Kriechgänge 271 ff.
Kugellager 43, 98, 101, 147, 151, 200
Kühlmittel 115, 229, 250, 273, 287
Kühlschmierstoff 131
Kühlwasserrinne 229, 235
Kunst 1, 155
Kunststoff 19, 56, 67 ff., 108, 159, 240, 251
Kunststoff-Formteil 67, 69
Kunststoff-Metall-Verbund 67, 74, 237, 240
Kunststoffspritzguss 65, 67, 181
Kunststoffverkleidung 71
Kupplung 115, 117, 145, 160, 178, 205
Kupplungsbelag 112
Kurbel 49, 281
Kurbeltrieb 282
Kurbelwelle 45, 132
Labyrinthdichtung 129, 131
Lageabweichung 162
Lagerbock 13 ff., 22 ff., 57, 120, 231
Lagerung, angestellte 164
Lamellenbauweise 54, 116 ff., 218, 219
Lampenträger 80
Landmaschine 12, 107, 124, 168, 180, 196, 246, 282
Langzeitprüfmaschine 272
Lappen 159, 181, 184, 187
Lasernaht 170 ff.
Laserschnitt 35, 172, 187, 265
Laserschweißen 170 ff.
Lasthaken 200
Leichtbaubrücke 238
Leichtbauweise 49, 95, 213
Lichtschalter 279, 280
Linearführung 221, 225
Lochbild 284
Lochung, zusätzliche 90
Lockern 163
LOM-Technik 118, 119
Luftführung 80, 221
Luftleitblech 123
Lünette 245
Machbarkeitsanalyse 93, 289
Mähbinder 124
Makroelement 241, 264, 270
Maschinenaufstellung 114
Maschinendesign 24, 61, 155, 194, 237 ff., 286
Maschinengestell 53, 120, 202 ff.
Maschinenhalle 114
Maschinenjustierung 144
Maschinensteuerung 9
Maße, formgebunden 66

- Maße, nicht formgebunden 66
Massivschnapper 183
Materialanhäufung 228
Mehrfarbigkeit 285
Mehrspindelbohrkopf 98 ff.
Mehrspindelstangendrehautomat 113
Mehrwandbauweise 218, 219
Membranfederführung 122
Messerschleifmaschine 273
MIG-Schweißen 177
Mikroelement 241, 264, 270
Mineralguss 181, 216 ff., 260, 289
Mineralgussgestell 227 ff.
Minimalelement 103
Minimalfläche 15
Minimalkörper 104 ff.
Minimalmaß 103, 115, 116
Mischbauweise 213, 219 ff., 239
Mischertrommel 44
Modell 31, 56, 59, 214
Modellteilung 22, 57
Momentenbelastung 101, 147, 151
Monotonie 198, 285
Montage, automatische 157, 177, 190
Montage, manuelle 156, 177
Montagefläche 231
Montageplatz 197, 221
Montagepresse 25
Montageprozess 203
Multi-Layer-Technik 118
Musterbauteam 289
Mutterform 137
Nabe 84, 150, 179, 180
Nadellager 101
Nibbelmaschine 119
Nieten 52, 181, 185
Nietzapfen 181, 186
Nockenwelle 128
Nutmutter 7, 164, 165
O-Anordnung 164
Oberflächengestaltung 241
Öffnung, hinterschnittfrei 62
Ölbohrung 119
Ölstand 34, 131
Optimierung 45, 82, 200
Outsert 54, 74 ff., 119, 237, 240
Outsertelement 75
Outsertplatine 74
Parallelfederführung 122
Passfeder 13, 26, 43, 45
Passstück 124
Passung, spielfrei 68
Pendelgleitlager 125
Pflanzmaschine 197
Pflug 108
Phosphatschicht 177
Planetengetriebe 101, 102
Platine 119, 173 ff.
Pleuel 46, 85, 124
Pleuelbohrung 124
Polymerwerkstoffe 237, 240
Präzisionsgewinde 160
Pressenmaul 219
Pressform 158, 159
Produktgrafik 241, 282 ff.
Profil, offen 140
Profilbauweise 215 ff., 239
Profilwelle 143
Prototyp 10, 56, 230, 234, 289
Prototypenphase 230
Pulverspritzguss 62, 64, 65
Querbohrung 145, 225
Querlenker 83, 85
Quetschen 181, 281, 282
Quetschnietung 181, 185, 186
Rad 222, 250
Radialbohrmaschine 204, 205, 249
Rahmen 92, 111, 215, 256, 270
Rastelement 120
Raumbedarf, minimaler 97
Rechtwinkligkeit 164
Reibkraft 143 ff.
Reibschweißverbindung 128
Reibstelle 145, 146
Reibung 141, 143, 146
Reibung, funktionsbehindernde 141, 143, 146
Reibwert 142, 146
Reitstock 24, 25, 204, 281
Relativkosten 35, 36, 156
Renkverbindung 153, 154, 181
Revolverkopf 11, 33, 135

- Rheometer 236
Riegel 120, 270
Riemenscheibe, biegeentlastet 13
Ringe, aufgeschrumpft 166
Ringschraube 206
Ringspannscheibe 117
Ringzacke 86
Rippe 56, 61 ff., 77, 110, 211, 230, 245, 268
Rippendicke 70
Rippenguss 60, 61
Rippenversteifung 76, 77
Ritzelwelle 48, 82
Rohling 82, 84
Rohrkonstruktion 216
Rohteilform 90
Rollenhebellagerung 163
Rückfördern 131
Rückstellfeder 153
Rumpfmachine 235
Rundkneten 93 ff., 128
Rundnaht 172
Rundstahl 109, 111, 167
Rundstahlbügel 111, 166 168
Rundtaktmaschine 113 ff., 201, 220, 256
Rundung 33, 59, 101, 168, 187, 234, 235
Rutschsicherung 271
Sammeleinrichtung 112
Sandguss 54 ff., 193, 233
Schaltelement 265, 269, 280, 289
Schaltklinkenfreilauf 178
Schaltwellenlagerung 143
Scheibenbremse 122, 123
Schelle 47, 109, 110
Schichtbauweise 119
Schieberäder 143
Schiebetürsicherung 269
Schlauchausführung 261 f.
Schlauchschelle 109, 110
Schleifkraft 287
Schleifpaste 162
Schlitten 116, 142, 147, 235, 237, 261, 287
Schmalspurlokomotive 270
Schmierölregen 259
Schmutzanfall 61
Schmutzecke 61, 199, 253, 268
Schnappelement 120
Schnappkontur 69
Schnappverbindung 67, 119, 181, 182, 199, 265
Schnappverschluss 72
Schnecke 53
Schneckenrad 44, 45
Schneidkeramik 121
Schnittfläche 86, 265
Schott 167
Schrägbettmaschine 191, 192, 236
Schraubbauweise 220, 222, 239
Schraubbügel 166, 167
Schraube 47, 100, 110, 133, 147 ff., 156, 266, 274
Schrauben, unverlierbar 168, 169, 274
Schraubensicherung 163
Schraubenverbindung 120, 138, 153 ff., 265 ff.
Schraubenverformung 151
Schraubenvorspannung 151
Schraubzwinge 142
Schraubzwingeneffekt 143
Schubladeneffekt 142, 143
Schubstange 141
Schutzbalg 48
Schutzbügel 89
Schutzelement 121, 257
Schutzhaube 221, 250, 255
Schwachstelle 102
Schweißelektrode 174
Schweißgruppe 15, 29, 30
Schweißkonstruktion 14, 29 ff., 54, 83, 126, 220 ff., 255, 268
Schweißkopf 174
Schweißspalt 171 ff.
Schweißvorrichtung 172, 176
Schwingungsbeeinflussung 114
Segmentierung 116, 119
Seilwinde 282
Seitenschieber 55, 62, 64, 68, 69
Sektflasche 109, 110
Selbstsperrung 142
Senkrechtmaschine 113

- Serienfertigung 11, 33, 80, 106, 202, 212, 220, 259, 289
Sessellift 168
Sicherung, Axial- 45, 148, 184, 185
Sicherung, Lage- 125
Sicherung, Schrauben- 163
Sicherung, Verdreh- 184, 185
Sicherungsblech 164
Sicherungsmutter 165
Sicherungsring 24, 29, 30, 100
Sicherungsstift 165
Sicherungswirkung 159, 161
Sichtschraube 267
Sickenversteifung 68, 76, 268
Sinterschmiedeleuel 124
Sinterteil 62, 64
Sitzarbeitsplatz 275, 276
Sitzposition 197
Spalt 129 ff., 147
Spannbacke 121
Spannbackengestaltung 172
Spannband 268
Spannen 51, 116, 123, 141
Spannkraft 137
Spannlager 181
Spannungszustand 86
Spannvorrichtung 141, 169, 173
Spannweg 121
Spezialantriebsrad 124
Spiegel 37, 80, 123, 131
Spindeldichtung 131
Spindelkasten 134, 204, 245
Spreizdübel 159
Spreizen 181, 209
Spreizmutter 46, 184
Sprengen 125
Spritzschutzhäube 255
Spritzschutztür 246, 268
Stahlform 230
Standardprodukt 131
Ständer 53, 54, 223 ff., 240, 261
Ständerbohrmaschine 247
Stanzflasche 181
Stanzmaschine 33
Staplermaschine 206
Steckdose 199
Steg 65, 123, 211
Stehlager 34, 96, 250
Steighilfe 274
Stelleinrichtung 144
Stellkeil 144, 151
Stiftschraube 158
Stirnlauf 166
Stirnlauftoleranz 164, 166
Stirnnietung 184
Stoffschluss 154
Stopfen 110, 119
Strangprofil 167, 220, 239, 258, 259
Straßenbahn-Bug 80 f.
Strömungskupplung 178, 179
Stülprand 63
Stützscharbe 141
Stützkörper, skelettartiger 108
Systemlösung 235, 240, 282
Tankbefestigung 268
Tassenhenkel 63
Technisches Design 194
Teilebene 58
Teilefertigung 17, 32, 117, 155, 191
Teilfuge 55, 255
Teilung 124, 125
Tellerrad 101, 102, 106
Tiefbohrtechnik 119
Tischplatte 226
Toleranzklasse 160
Torsion 37, 60, 76, 92, 139, 216, 223
Träger 37, 92, 107, 199, 257
Tragwerk 45, 168, 211, 219, 239, 243
Tragwerk, geschweißt 212
Tragwerksbauweise 239
Transport 54, 206, 255, 256
Transportöse 256
Trennschalter 97
Tropföl 130
Türklinke 280
Überlappstoß 171, 172
Überlappung 172, 175
Umlenken 131
Umlenkstützlager 15, 16
Unfallgefahr 157
ungeteilt 56, 59
Untergießen 212, 231

- Urformen 41, 51, 154, 179
Variantenbildung 17 ff.
Varianteneinschränkung 17, 24
Verbindung 25 ff., 40, 75, 109, 183 ff., 253
Verbindung, geschraubte 157
Verbindungselement 152, 153, 181, 182, 221
Verbindungsflansch 67, 136, 253
Verdrehlappen 188
Verformung, bleibende 123
Verpackung 241, 287
Verschiebbarkeit 143
Verschlusshebel 281
Verschmutzung 146, 169, 285
Verstärkung, punktgeschweißt 174
Versteifung, laminierte 81
Versteifungsrippen 56, 68, 76, 77
Vollkörper 104, 105
Vorrichtungskörper 137
Wälzföhrung 142
Wälzlager 20, 28, 50, 99 ff., 147, 164, 184
Wälzlagerung 23, 50, 101, 164
Walzwerkgetriebe 98, 99
Wandbauweise 215 ff., 239
Wanddicke 11 ff., 31, 36, 65, 70, 104, 107, 214, 217
Wanddicke, minimal gießbare 36
Wanddickenübergang 70
Wandkonsole 57, 58
Wandtragwerk 212
Warnung 26
Wassermöhle 124
Wasserpumpe 50
Wasserpumpengehäuse 60
Wasserstrahlschneiden 27, 121
Wasserstrahlschnitt 27, 172
Wegwerfausführung 63
Wellendichtung 129 ff., 147
Werkstoffanhäufung 68, 70
Werkstoffverhalten, anisotropes 78
Werkzeugkonstrukteur 68, 70
Wickelmaschine 285
Widerstandspunktschweißen 170, 173, 174
Winkelhebel 117, 145
Winkelschleifer 237
Wirkfläche 19, 38 ff., 50, 97, 105, 107
Wirrwarr 258, 284
Wölbung 11, 37, 80, 140
Wow-Effekt 198, 274, 286
WPS 170 ff.
X-Anordnung 164
X-Naht 170, 173
Zahnrad 82, 98, 148, 150, 211
Zeichen, symbolische 277, 283,
Zierrippe 68
Zuganker 25, 218, 222 ff.
Zugankerbauweise 222, 239
Zulieferer 32, 55, 82, 239, 242, 250, 256, 286
Zweifarbigekeit 285
Zwillingsmaschine 194, 287
Zwischenrad 148
Zylinder 53, 104