

Hans Hintzen
Hans Laufenberg
Ulrich Kurz

Konstruieren, Gestalten, Entwerfen

**Ein Lehr- und Arbeitsbuch
für das Studium der Konstruktionstechnik**

2., überarbeitete Auflage

Mit über 400 Abbildungen,
sowie zahlreichen Tafeln und Tabellen
und einem Anhang



Inhaltsverzeichnis

1 Grundlagen des methodischen Konstruierens

1.1	Einführung	1
1.1.1	Das Problem	1
1.1.2	Das Funktionendenken	4
1.2	Die Arbeitsschritte des methodischen Konstruierens	7
1.2.1	Der Vorgehensplan	7
1.2.2	Das Analysieren der Aufgabe	9
1.2.3	Das Konzipieren	12
1.2.4	Das Entwerfen und Ausarbeiten	28
1.2.5	Die Aufbauübersicht – Stammbaum	34
1.3	Beispiele	35
1.3.1	Abstraktion der Gesamtfunktion	35
1.3.2	Umsatzgrößen	35
1.3.3	Erstellen der Anforderungsliste	36
1.3.4	Lösungsfindung	38
1.3.4.1	Handhabungssystem für Hülse	38
1.3.4.2	Lagerbock für axial verstellbare Seilrolle	47
1.3.4.3	Vorschubgetriebe einer Waagrecht-Kreissäge	49
1.3.5	Technische Bewertung	50
1.3.6	Wirtschaftliche Bewertung	53
1.3.7	Stärkediagramm	55
1.4	Aufgaben	59
1.4.1	Einführung in das methodische Konstruieren	59
1.4.2	Das Analysieren der Aufgabe	59
1.4.3	Das Konzipieren	59
1.4.4	Das Entwerfen und Ausarbeiten	61
1.5	Literatur	61
1.5.1	Zum Konzipieren und Entwerfen	61
1.5.2	Zum Ausarbeiten	62

2 Das werkstoffgerechte Gestalten

2.1	Die Festigkeitseigenschaften der Werkstoffe	65
2.2	Die Werkstoffkosten und die Wirtschaftlichkeit	65
2.3	Die Werkstoffwahl und die Fertigung	67
2.4	Die Werkstoffwahl und die Lebensdauer	68
2.5	Die Werkstoffwahl und der Leichtbau	69
2.6	Beispiele	70

2.6.1	Ermittlung der Brutto-Werkstoffkosten	70
2.6.2	Werkstoffkenngröße für Kostenvergleich	70
2.6.3	Werkstoffausnutzung beim Schneiden	71
2.6.4	Fertigungsverfahren, Werkstoffwahl, Formgebung in Abhängigkeit von der Stückzahl	73
2.6.5	Kenngröße für den Werkstoff-Leichtbau bei Knickung	73
2.6.6	Gewichtvergleich eines Freitragers als Schweiß- und Gusskonstruktion	74
2.6.7	Schneckengetriebegehäuse für Hängekran in Schweiß- und Gussausführung	75
2.6.8	Revolvereinheit für Kunststoff-Spritzgießmaschine in Guss- und Schmiede-Montagekonstruktion	76
2.6.9	Ölpumpenzahnrad für Lkw-Dieselmotor durch Zerspanen, Sintern hergestellt	76
2.6.10	Werkstoffeinsparung durch Querschnittsoptimierung	77
2.7	Aufgaben	77
2.8	Literatur	78

3 Das festigkeitsgerechte Gestalten

3.1	Das Prinzip der direkten Krafteinleitung	80
3.2	Das Prinzip der konstanten Gestaltfestigkeit	83
3.3	Das Prinzip der minimalen Kerbwirkung	83
3.4	Das Prinzip der ausreichenden Steifigkeit	87
3.5	Das Prinzip der abgestimmten Verformung	91
3.6	Das Prinzip des Kraftausgleichs	94
3.7	Beispiele	95
3.7.1	Träger gleicher Biegespannung	95
3.8	Aufgaben	97
3.9	Literatur	102

4 Das fertigungsgerechte Gestalten

4.1	Das Gestalten von Gussteilen	103
4.1.1	Grundlagen	103
4.1.2	Allgemeintoleranzen und Bearbeitungszugaben für Gussteile	104
4.1.3	Spezifische Eigenschaften der verschiedenen Gusswerkstoffen	106
4.1.4	Die Gefügebildung von Gussteilen	108
4.1.5	Werkstoffbedingte Gestaltungsregeln	109
4.1.6	Verfahrensbedingte Gestaltungsregeln	113
4.1.7	Nachbehandlungsbedingte Gestaltungsregeln	115
4.1.8	Literatur	117
4.2	Das Gestalten von Sinterteilen	117
4.2.1	Allgemeines, Verfahren nach DIN 30900	117
4.2.2	Theoretische Grundlagen	119
4.2.3	Werkstoffe	120
4.2.4	Nachbehandlung	121

4.2.5	Formgestaltung, Anwendungsbeispiele	122
4.2.6	Literatur	130
4.3	Das Gestalten von Schmiede- und Fließpressteilen	130
4.3.1	Grundlagen	130
4.3.2	Allgemeine Gestaltungsregeln	130
4.3.3	Richtwerte für die Gestaltung von Gesenkschmiedestücken	135
4.3.4	Toleranzen und Oberflächengüte	135
4.3.5	Ermittlung der Toleranzen für Gesenkschmiedestücke	137
4.3.6	Gesenkschmiedestücke aus Stahl	140
4.3.7	Vergleich von Schmiede- und Gussstücken	146
4.3.8	Das Gestalten von Fließpressteilen	146
4.3.9	Literatur	148
4.4	Das Gestalten von Löt- und Schweißverbindungen	149
4.4.1	Lötverbindungen	149
4.4.2	Schweißverbindungen	154
4.4.3	Literatur	161
4.5	Das Gestalten von Blechteilen	162
4.5.1	Allgemeines	162
4.5.2	Schneiden	162
4.5.3	Umformen	167
4.5.4	Schneiden und Umformen	175
4.5.5	Fügen durch Umformen	179
4.5.6	Literatur	183
4.6	Das Gestalten von Kunststoffteilen	184
4.6.1	Allgemeines	184
4.6.2	Gestaltungsrichtlinien	187
4.6.3	Verarbeitungsverfahren	196
4.6.4	Fügen	199
4.6.5	Literatur	212
4.7	Beispiele	214
4.7.1	Verschiedene Verfahren mit den erforderlichen Fertigungsstufen beim Gesenkschmieden	214
4.7.2	Fertigungsfolge beim Gesenkschmieden eines Hebels	215
4.7.3	Tellerrad für den Achsantrieb eines Lkw	215
4.7.4	Gebogener Hebel	218
4.7.5	Schalthebel für die Ventilsteuerung einer Entstaubungsanlage	220
4.7.6	Pneumatikventilteil	221
4.7.7	Fließgerechte Flanschbuchse	222
4.7.8	Streifenbildgestaltung, Blechformteil Lasche	223
4.8	Aufgaben	224
4.8.1	Das Gestalten von Gussteilen	224
4.8.2	Das Gestalten von Schmiede- und Fließpressteilen	226
4.8.3	Das Gestalten von Löt- und Schweißverbindungen	230
4.8.4	Das Gestalten von Blechteilen	232
4.8.5	Das Gestalten von Kunststoffteilen	233

5 Das montagegerechte Gestalten

5.1	Einführung	235
5.1.1	Montageoperationen	236
5.1.2	Montagesysteme	238
5.2	Montageablaufanalyse	240
5.2.1	Produktaufbau und Fügesituation	240
5.2.2	Fügerangfolge	246
5.3	Produktgestaltung	247
5.3.1	Montagevermeidung	247
5.3.2	Integralbauweise	249
5.3.3	Fügearart	255
5.4	Literatur	261

6 Das recyclinggerechte Gestalten

6.1	Grundlagen, Definitionen	263
6.1.1	Recyclingkreisläufe	263
6.1.2	Nachwachsende Rohstoffe	264
6.2	Recyclinggerechte Produktgestaltung	266
6.2.1	Gestaltungsrichtlinien	266
6.2.2	Gestaltungsbeispiele	268
6.3	Recycling bei der Produktion	278
6.3.1	Produktionsrücklaufmaterial	278
6.3.2	Beispiele für die Verwertung von Produktionsabfällen	279
6.4	Recycling während des Produktgebrauchs	281
6.4.1	Demontage und Zerlegung	281
6.4.2	Aufarbeitungsbeispiele	283
6.5	Recycling nach Produktgebrauch	286
6.5.1	Materialaufbereitung	286
6.5.2	Beispiele für das Materialrecycling	287
6.6	Literatur	289

7 Anhang

1 Grundlagen des methodischen Konstruierens

A1-1	Grundoperationen und Elementarfunktionen von Maschinen, Apparaten und Geräten	292
A1-2	Physikalische Effekte für die Elementarfunktion „Energie wandeln“	294
A1-3	Physikalische Effekte für die Elementarfunktion „Elektrische Energie in mechanische Energie wandeln“	296
A1-4	Hauptschritte des methodischen Konstruierens	297
A1-5	Fragebogen für Anpassungs- und Variantenkonstruktionen	299
A1-6	Checkliste technischer Eigenschaften für das Sammeln von Informationen für die Erstellung der Anforderungsliste und für die technische Bewertung von Konstruktionen	300

A1-7	Formblatt zum Erstellen von Anforderungslisten	301
A1-8	Wichtige Elementarfunktionen für den Umsatz von Energie, Stoffen und Signalen	301
A1-9	Lösungskatalog für die Funktion „Kraft einstufig mechanisch vervielfältigen“	302
A1-10	Kostenschema für Zuschlagkalkulation	304
A1-11	Maßnahmen gegen Bedienungsfehler	305
A1-12	Empfehlungen für die Formgebung technischer Produkte	305
A1-13	Beispiele für Störgrößen	306
A1-14	Konstruktionsvorschriften	306

2 Das werkstoffgerechte Gestalten

Technische und wirtschaftliche Kenngrößen für die Werkstoffwahl

A2-1	Allgemeine Baustähle – DIN EN 10025 für Halbzeug und Schmiedestücke	307
A2-2	Vergütungsstähle und vergütbare Automatenstähle für Schmiedestücke und Halbzeug	308
A2-3	Einsatzstähle – DIN EN 10084 – und Nitrierstähle – DIN 17211 – für Schmiedestücke und Halbzeug	309
A2-4	Feinbleche kalt gewalzt	310
A2-5	Warmgewalztes Blech von 3 bis 250 mm Dicke – Formnorm DIN EN 10029	311
A2-6	Geschweißte und nahtlose Rohre aus Stahl	312
A2-7	k_v^* -Werte für Gussteile aus Eisenwerkstoffen	313
A2-8	k_v^* -Werte für Gesenkschmiedestücke aus Stahl	314
A2-9	NE-Schwermetalle für Bleche, Bänder, Stangen und Rohre	315
A2-10	k_v^* -Werte für Gussteile aus NE-Schwermetallen	316
A2-11	Al-Knetlegierungen für Bleche, Bänder, Rohre und Stangen	317
A2-12	k_v^* -Werte für Gussteile aus NE-Leichtmetallen	318
A2-13	Kenngrößen bei Zug/Druck, Biegung und Torsion	320
A2-14	Prozentuale Materialkosten-Anteile	321
A2-15	Wichtige Werkstoffeigenschaften für oft angewendete Fertigungsverfahren	322
A2-16	Übliche Betriebslebensdauer wichtiger technischer Produkte	323

3 Das festigkeitsgerechte Gestalten

A3-1	Gestaltungsbeispiele zur Kleinhaltung von Biegespannungen	324
A3-2	Gestaltungsbeispiele für Entlastungskernen an Achsen und Wellen	325
A3-3	Vergleich von im Leicht- und Stahlbau oft verwendeten geschlossenen bzw. offenen Profilen	326
A3-4	Beispiele für den Ausgleich von nicht funktionsbedingten Nebenkräften	327

4 Das fertigungsgerechte Gestalten

A4.1-1	Guss-Allgemeintoleranz-Gruppe GTB nach DIN 1680 T2 (Auszug) . . .	328
A4.1-2	Bearbeitungszugaben BZ bei Gussstücken (GJL und GJS) bis 1000 kg Gewicht und bis 50 mm Wanddicke nach DIN 1685 T1 und DIN 1686 T1	329
A4.1-3	Formschrägen an Modellen nach DIN 1511	329
A4.1-4	Wanddickeneinfluss bei Gusseisen mit Lamellengraphit (GJL)	329
A4.1-5	Werkstoffgerechte Gestaltungsbeispiele von Gussteilen	330
A4.1-6	Verfahrensgerechte Gestaltungsbeispiele von Gussteilen	331
A4.1-7	Bearbeitungsgerechte Gestaltungsbeispiele von Gussteilen	332
A4.1-8	Werkstoff- und verfahrensgerechte Gestaltungsbeispiele von Feigussteilen	333
A4.2-1	Werkzeug- und verfahrensgerechte Gestaltungsbeispiele von Sinterteilen	334
A4.2-2	Sintermetalle für Formteile; Auszug aus der DIN 30910 T4	336
A4.3-1	Werkzeug-, fertigungs- und bearbeitungsgerechte Gestaltungsbeispiele von Gesenkschmiedeteilen	337
A4.3-2	Werte für Seitenschrägen von Innen- und Außenflächen; nach DIN 7523, T2	338
A4.3-3	Bearbeitungszugabe z für Innen- und Außenflächen an Gesenkschmiedeteilen	339
A4.3-4	Kantenrundungen, innere und äußere Hohlkehlen an Gesenkschmiedeteilen	339
A4.3-5	Toleranzen und zul. Abweichungen für Längen-, Breiten- und Höhenmaße (Durchmesser), Versatz, Außermitteigkeit, Gratansatz und Anschritttiefe nach DIN 7526 (Schmiedegüte F)	340
A4.3-6	Toleranzen und zul. Abweichungen für Dickenmaße und Auswerfer- marken nach DIN 7526 (Schmiedegüte F)	341
A4.3-7	Gestaltung von Gesenkschmiedeteilen; Bearbeitungszugaben, Rundungen und Seitenschrägen	342
A4.3-8	Gestaltungsbeispiele von Fließpressteilen	343
A4.4-1	Geschweißte Eckverbindungen	344
A4.5-1	Steg- und Randbreiten nach VDI-Richtlinie 3367	346
A4.5-2	Randabstände, Abstände von Innenformen bei Schnittteilen	348
A4.5-3	Gestaltungsbeispiele von Blechteilen; Fertigung durch Zerteilen	347
A4.5-4	Kleinste zulässige Biegeradien $r_{i\min}$ für Bleche und dgl. aus Stahl für 90°-Biegung	349
A4.5-5	Kleinste zulässige Biegeradien für 90°-Biegung	350
A4.5-6	Kleinste zulässige Biegeradien $r_{i\min}$ für 90°-Biegung für Bleche und Bänder aus NE-Metallen	350
A4.5-7	Gestaltungsbeispiele von Blechteilen; Fertigungsverfahren Biegen	351
A4.5-8	Gestaltungsbeispiele für das festigkeitsgerechte Anbringen von Sicken an Blechteilen	353
A4.5-9	Werkstoffe zum Tiefziehen, erreichbares Ziehverhältnis	354
A4.5-10	Gebräuchliche Falzarten	354
A4.6-1	Gestaltungsbeispiele von Spritzguss- und Formpressteilen	355

A4.6-2	Gestaltungsbeispiele von Bauteilen aus glasfaserverstärkten Kunststoffen (GFK)	358
A4.6-3	Gestaltungsbeispiele von Kleb- und Schweißverbindungen an Kunststoffteilen	360
A4.6-4	Schwindung verschiedener Kunststoffe	361
A4.6-5	Kurzzeichen für Polymerwerkstoffe	362
5	Das montagegerechte Gestalten	
A5.1-1	Gestaltungsbeispiele zur Verbesserung der Montageoperationen	363
6	Das recyclinggerechte Gestalten	
A6.4-1	Demontagegerechte Gestaltungsbeispiele von Fügestellen	365
A6.4-2	Aufarbeitung im Vergleich zur Instandsetzung	366
Sachwortverzeichnis	367