

1 Einteilung der Fertigungsverfahren	1
Klaus-Dieter Kühn	
2 Urformen	7
Jörg Schmütz, Alfred Herbert Fritz und Burghilde Wieneke-Toutaoui	
2.1 Urformen durch Gießen	7
2.1.1 Grundbegriffe der Gießereitechnologie	8
2.2 Metallkundliche Grundlagen des Gießens	18
2.2.1 Entstehung der Gussgefüge	18
2.2.2 Stoffzustände	18
2.2.3 Keimbildung und Impfen	19
2.2.4 Kristallformen.	22
2.2.5 Erstarrungstypen.	24
2.2.6 Isotropes, anisotropes und quasi-isotropes Verhalten von Gusswerkstoffen	26
2.3 Gusswerkstoffe	27
2.3.1 Eisengusswerkstoffe	27
2.3.2 Nichteisen-Gusswerkstoffe.	39
2.4 Gießbarkeit	45
2.4.1 Fließ- und Formfüllungsvermögen.	46
2.4.2 Schwindung (Schrumpfung).	48
2.4.3 Warmrissneigung	51
2.4.4 Gasaufnahme	52
2.4.5 Penetrationen	54
2.4.6 Seigerungen	54
2.4.7 Fehlerzusammenstellung bei Sandguss	55
2.5 Form- und Gießverfahren	56
2.5.1 Gießverfahren mit verlorenen Formen	56
2.5.2 Gießverfahren mit verlorenen Formen nach verlorenen Modellen.	70
2.5.3 Gießverfahren mit Dauerformen	74
2.6 Gießen von Motoren im Leichtbau.	85
2.6.1 Sandguss im Kernpaketverfahren und Kokillenguss mit Rahmenkernaufbau.	85

2.6.2	Niederdruckkokillenguss von V8 Zylinder- kurbelgehäusen aus Aluminium	87
2.6.3	Einsatz von Simulationstechniken in der Gussteilentwicklung	88
2.7	Gießen von Komponenten für Wind-Energie-Anlagen	91
2.8	Gestaltung von Gussteilen	96
2.8.1	Allgemeines	96
2.8.2	Gestaltungsregeln	96
2.8.3	Gießgerechte Gestaltung	96
2.8.4	Beanspruchungsgerechte Gestaltung	100
2.8.5	Fertigungsgerechte Gestaltung	102
2.9	Urformen durch Sintern (Pulvermetallurgie)	104
2.9.1	Pulvermetallurgische Grundbegriffe	105
2.9.2	Pulver-Erzeugung	106
2.9.3	Presstechnik	107
2.9.4	Sinter-Prozess	109
2.9.5	Verfahren zum Verbessern der Werkstoffeigenschaften	110
2.9.6	Anwendungen	112
2.10	Gestaltung von Sinterteilen	114
2.11	Additive Fertigungsverfahren	117
2.11.1	Stereolithografie	121
2.11.2	Laser-Sintern und Strahlschmelzen	122
2.11.3	Fused Layer Modeling/Manufacturing oder Fused Deposition Modeling	125
2.11.4	Multi-Jet Modeling und PolyJet Modeling	129
2.11.5	3D-Drucken	131
2.11.6	Layer Laminated Manufacturing	133
2.11.7	Digital Light Processing	133
2.11.8	Thermotransfer-Sintern (TTS)	134
2.11.9	Digital Light Synthesis (DLS)	134
2.11.10	Entwicklungen	135
3	Umformen	141
	Alfred Herbert Fritz	
3.1	Einteilung und Vorteile der Umformverfahren	141
3.2	Grundlagen der Umformtechnik	143
3.2.1	Versetzungen	145
3.2.2	Fließkurven	147
3.3	Druckumformen	154
3.3.1	Walzen	154
3.3.2	Schmieden	163
3.3.3	Eindrücken	170
3.3.4	Durchdrücken	173
3.4	Zug-Druck-Umformen	183
3.4.1	Draht- und Stabziehen	183
3.4.2	Gleitziehen von Rohren	186
3.4.3	Abstreckziehen von Hohlkörpern	187

3.4.4	Tiefziehen	189
3.4.5	Drücken	195
3.4.6	Kragenziehen (Bördeln von Öffnungen)	197
3.5	Zugumformen	197
3.5.1	Längen	197
3.5.2	Weiten	198
3.5.3	Tiefen (Streckziehen)	198
3.5.4	Blechprüfung zur Kennwertermittlung	200
3.6	Biegen	203
3.6.1	Einteilung der Biegeverfahren	203
3.6.2	Biegespannungen, Verformungen und Kräfte	205
3.7	Innenhochdruckumformen (IHU)	209
3.7.1	Allgemeines	209
3.7.2	Anwendungsgebiete	210
3.7.3	Bauteil- und Prozessauslegung	212
3.7.4	Anlagen- und Werkzeugtechnik	216
3.7.5	Fertigteilqualität	217
3.7.6	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	221
3.7.7	Fertigungsbeispiele	222
3.8	Gebaute Nockenwellen, hergestellt mit Umformverfahren	223
3.8.1	Aufweiten durch Innen-Hochdruck-Umformen (IHU)	224
3.8.2	Thyssen-Krupp-Presta-Verfahren (Aufpressen auf rolliertes Rohr)	225
3.9	Gestaltung von Umformteilen	228
3.9.1	Allgemeines	228
3.9.2	Gestaltung von Gesenkschmiedestücken	228
3.9.3	Gestaltung von Tiefziehteilen	232
4	Trennen	235
	Klaus-Dieter Kühn, Alfred Herbert Fritz und Ralf Förster	
4.1	Verfahrensübersicht Trennen	235
4.2	Scherschneiden	237
4.2.1	Beschreibung des Schneidvorgangs	238
4.2.2	Schneidkraft	240
4.2.3	Gestaltung von Schneidwerkzeugen	241
4.2.4	Vorschubbegrenzungen	242
4.2.5	Feinschneiden	244
4.3	Spanen	248
4.3.1	Einteilung nach DIN 8589	248
4.3.2	Technische und wirtschaftliche Bedeutung	249
4.4	Grundbegriffe der Zerspantechnik	249
4.4.1	Bewegungen und Geometrie von Zerspanvorgängen	249
4.4.2	Eingriffe von Werkzeugen	250
4.4.3	Spanungsgrößen	251
4.4.4	Geometrie am Schneidteil	251

4.4.5	Kräfte und Leistungen	253
4.4.6	Standzeit- und Verschleißbegriffe.....	254
4.5	Grundlagen zum Spanen.....	254
4.5.1	Spanbildung	255
4.5.2	Spanstauchung	256
4.5.3	Scherwinkelgleichungen.....	256
4.5.4	Spanarten	256
4.5.5	Spanformen.....	258
4.5.6	Energieumwandlung beim Spanen.....	260
4.5.7	Schneidstoffe	260
4.5.8	Werkzeugverschleiß	267
4.5.9	Kühlschmierstoffe	269
4.5.10	Hart-, Hochgeschwindigkeits- und Trocken- bearbeitung	269
4.5.11	Mikrozerspanung	270
4.5.12	Standzeitberechnung und Standzeitoptimierung ..	271
4.5.13	Schnittkraftberechnung.....	274
4.6	Spanen mit geometrisch bestimmten Schneiden	275
4.6.1	Drehen	276
4.6.2	Bohren, Senken, Reiben	282
4.6.3	Fräsen	287
4.6.4	Hobeln und Stoßen	293
4.6.5	Räumen.....	295
4.6.6	Auswahl spanender Fertigungsverfahren	299
4.7	Spanen mit geometrisch unbestimmten Schneiden	303
4.7.1	Schleifen.....	304
4.7.2	Einsatz von Sensorik beim Schleifen	326
4.7.3	Mikroschleifen	327
4.7.4	Honen	330
4.7.5	Läppen und Feinschleifen mit Läppkinematik.....	338
4.7.6	Gleitschleifen	343
4.8	Abtragende Verfahren.....	345
4.8.1	Thermisches Abtragen	345
4.8.2	Chemisches Abtragen.....	351
4.8.3	Elektrochemisches Abtragen	352
4.9	Thermisches Schneiden	354
4.9.1	Autogenes Brennschneiden	354
4.9.2	Plasmaschneiden.....	360
4.9.3	Laserschneiden	363
4.10	Wasserstrahlschneiden	366
4.10.1	Einleitung	366
4.10.2	Verfahrensgrundlagen.....	367
4.11	Gestaltung von Schnittteilen.....	373
4.12	Gestaltung spanend herzustellender Werkstücke	376
4.12.1	Gestaltung für das Drehen	376
4.12.2	Gestaltung für das Bohren, Senken, Reiben.....	378
4.12.3	Gestaltung für das Fräsen	379
4.12.4	Gestaltung für das Hobeln und Stoßen.....	380

4.12.5	Gestaltung für das Räumen	381
4.12.6	Gestaltung für das Schleifen.....	382
5	Fügen	387
	Alfred Herbert Fritz, Kai Hilgenberg und Carsten Bye	
5.1	Schweißen als Fügeverfahren	387
5.1.1	Bedeutung der Schweißtechnik	387
5.1.2	Abgrenzung beim Fertigungsverfahren Schweißen.	388
5.1.3	Einteilung der Schweißverfahren	388
5.1.4	Hinweise zur Wahl des Schweißverfahrens	392
5.2	Werkstoffliche Grundlagen für das Schweißen	394
5.2.1	Wirkung der Wärmequelle auf die Werkstoffeigen- schaften.	394
5.2.2	Physikalische Eigenschaften der Werkstoffe	394
5.2.3	Einfluss des Temperaturfeldes	396
5.2.4	Werkstoffbedingte Besonderheiten beim Schweißen.	398
5.3	Schmelzschweißverfahren	404
5.3.1	Gasschweißen (G) (Ordnungsnummer: 311)	404
5.3.2	Lichtbogenhandschweißen (E) (ON: 111) Metall- Lichtbogenschweißen.	409
5.3.3	Schutzgasschweißen (SG) (ON: 13–15).....	429
5.3.4	Unterpulverschweißen (UP) (ON: 12)	453
5.3.5	Elektronenstrahlschweißen (EB) (ON: 51)	462
5.3.6	Laserstrahlschweißen (LA)(ON: 52)	467
5.4	Widerstandsschweißen (ON: 2)	471
5.4.1	Widerstandspressschweißen (ON: 21–24)	472
5.4.2	Widerstandsschmelzschweißen (ON: 72).....	484
5.4.3	Reibschweißen (Ordnungsnummer: 42).....	484
5.4.4	Bolzenschweißen (ON: 783 bis 786)	487
5.4.5	Aluminothermisches Schweißen (Thermit-Verfahren)	490
5.5	Gestaltung von Schweißverbindungen	493
5.5.1	Allgemeines	493
5.5.2	Gestaltungsregeln	494
5.5.3	Gestaltung von Schmelzschweißverbindungen ...	494
5.5.4	Gestaltung von Punktschweißverbindungen.....	498
5.6	Löten (Ordnungsnummer: 9)	499
5.6.1	Grundlagen des Lötens	499
5.6.2	Einteilung der Lötverfahren	503
5.6.3	Flussmittel; Vakuum; Schutzgas.	506
5.6.4	Lotwerkstoffe	509
5.7	Gestaltung von Lötverbindungen	512
5.7.1	Allgemeines	512
5.7.2	Gestaltungsregeln	512
5.7.3	Gestaltung gelöteter Blechverbindungen	513
5.7.4	Gestaltung gelöteter Rundverbindungen	513

5.7.5	Gestaltung gelöteter Rohrverbindungen.....	514
5.7.6	Gestaltung gelöteter Bodenverbindungen.	515
5.8	Kleben.....	516
5.8.1	Wirkprinzip des Klebens	516
5.8.2	Vorbehandlung zur Steigerung der Klebfestigkeit	518
5.8.3	Vorbereitung der Klebung.....	519
5.8.4	Eigenschaften polymerer Werkstoffe	520
5.8.5	Klebstoffarten	522
5.8.6	Herstellung der Klebung.....	524
5.8.7	Anwendungsbeispiele.....	526
5.9	Gestaltung von Klebverbindungen	532
5.9.1	Allgemeines	532
5.9.2	Gestaltung geklebter Blechverbindungen.....	532
5.9.3	Gestaltung geklebter Rohrverbindungen	533
5.10	Fügen durch Umformen	534
5.10.1	Allgemeines	534
5.10.2	Clinchen	535
5.10.3	Fügen mit Hilfsfügeteil.....	536
5.10.4	Qualitätssicherung	544
Stichwortverzeichnis.....		551