

Autorenverzeichnis	XV
Vorwort	XVII
1 Einleitung	1
1.1 Literaturverzeichnis	4
2 Urformen	5
2.1 Einführung	5
2.1.1 Einordnung des Urformens in die Fertigungstechnik	5
2.1.2 Einordnung in den Einzelteilmontageprozess	6
2.1.3 Blockgießen	7
2.1.4 Stranggießen	7
2.1.5 Formgießen	8
2.1.6 Gussabnehmer	9
2.2 Verfahrensprinzipien beim Formgießen	9
2.2.1 Einleitung	9
2.2.2 Gieß- bzw. Formverfahren	10
2.2.3 Gussteilherstellung in Formen für den einmaligen Gebrauch ..	10
2.2.3.1 Einleitung	10
2.2.3.2 Handformerei	12
2.2.3.3 Maschinenformerei	14
2.2.3.4 Spezialformverfahren	15
2.2.3.5 Generative Fertigungsverfahren zur Gussteilerzeugung	21
2.2.4 Gussteilherstellung in Formen für den mehrmaligen Gebrauch (Dauerformen)	24
2.2.4.1 Einleitung	24
2.2.4.2 Schwerkraftkokillengießverfahren	25
2.2.4.3 Druckgießverfahren	26

2.2.4.4	Arten von Druckgießmaschinen	27
2.2.4.5	Verfahrensablauf beim Druckgießen	27
2.2.4.6	Thixogießverfahren	28
2.2.4.7	Niederdruckgießverfahren	29
2.2.4.8	Schleudergießverfahren	30
2.3	Gusswerkstoffe	31
2.3.1	Einführung	31
2.3.2	Kennzeichnende Kenngrößen der Gusswerkstoffe	31
2.3.2.1	Niedrige Gießtemperatur	33
2.3.2.2	Fließ- und Formfüllungsvermögen	34
2.3.2.3	Volumenänderung beim Schmelzen und Erstarren ..	35
2.3.3	Arten von Gusswerkstoffen	36
2.3.3.1	Gusseisenwerkstoffe	36
2.3.3.2	Stahlguss	37
2.3.3.3	Aluminium- und Magnesiumgusswerkstoffe	37
2.3.3.4	Kupfergusswerkstoffe	37
2.3.3.5	Mechanische Kennwerte wichtiger Gusswerkstoffe ..	38
2.4	Gussteilgestaltung	38
2.5	Literaturverzeichnis	44
3	Umformen	47
3.1	Begriffe, Ordnungsgesichtspunkte	47
3.1.1	Definitionen und Abgrenzung	47
3.1.2	Einordnungskriterien	47
3.2	Ausgewählte Grundlagen der Umformtechnik	51
3.2.1	Plastomechanische Grundlagen	51
3.2.2	Werkstoffaufbau	57
3.2.3	Kristallbaufehler	61
3.2.4	Fließkurve	63
3.3	Typische Prozesse und Verfahren der umformenden Halbzeugfertigung	69
3.3.1	Wichtige Prozessketten der Halbzeugfertigung	69
3.3.2	Ausgewählte Umformverfahren zur Halbzeugfertigung	71
3.3.2.1	Verfahrensübersicht Walzen	71
3.3.2.2	Verfahrensübersicht Freiformen	73
3.3.2.3	Verfahrensübersicht Durchdrücken – Strangpressen	76
3.3.2.4	Verfahrensübersicht Durchziehen	78
3.3.2.5	Verfahrensübersicht Biegeumformen	80

3.4	Ausgewählte Teilefertigungsverfahren der Massivumformung	81
3.4.1	Stauchen	81
3.4.1.1	Verfahrensübersicht Stauchen	81
3.4.1.2	Bedeutung und Besonderheiten des Stauchens	83
3.4.2	Freiformschmieden und Rundkneten (Feinschmieden, Rundhämmern)	85
3.4.2.1	Verfahrensübersicht Freiformschmieden	85
3.4.2.2	Bedeutung und Besonderheiten des Freiformschmiedens	86
3.4.2.3	Verfahrensübersicht Rundkneten	87
3.4.2.4	Bedeutung und Besonderheiten des Rundknetens ...	87
3.4.3	Gesenkschmieden und Warmpressen	88
3.4.3.1	Verfahrensübersicht Gesenkschmieden und Warmpressen mit Grat	88
3.4.3.2	Verfahrensübersicht Gesenkschmieden und Warmpressen ohne Grat	90
3.4.3.3	Verfahrensübersicht zur Herstellung der Anfangsformen und Massenverteilungs- Zwischenformen für das Gesenkschmieden und Warmpressen	92
3.4.3.4	Bedeutung und Besonderheiten des Gesenkschmiedens und Warmpressens	95
3.4.4	Kaltfließpressen und Kaltschmieden	98
3.4.4.1	Verfahrensübersicht Kaltfließpressen und Kaltschmieden	99
3.4.4.2	Bedeutung und Besonderheiten des Kaltfließpressens und Kaltschmiedens	103
3.4.5	Walzverfahren der Teilefertigung	105
3.4.5.1	Verfahrensübersicht Walzverfahren zur Erzeugung bzw. Veränderung von Werkstückgrundformen	106
3.4.5.2	Verfahrensübersicht Walzverfahren zur Erzeugung von Nebenformen	112
3.4.5.3	Verfahrensübersicht Walzverfahren zur Feinbearbeitung von Oberflächen	114
3.5	Ausgewählte Teilefertigungsverfahren der Blechumformung	115
3.5.1	Verfahren zur Herstellung ebener Blechformteile durch Trennverfahren	115
3.5.1.1	Verfahrensübersicht Zerteilverfahren	116
3.5.1.2	Bedeutung und Besonderheiten des Scherschneidens	118
3.5.2	Verfahren zur Herstellung räumlicher Blechformteile	121

3.5.2.1	Verfahrensübersicht Zug-Druck-Umformverfahren zur Erzeugung bzw. Veränderung räumlicher Blechformteile	121
3.5.2.2	Verfahrensübersicht Druck-Umformverfahren zur Erzeugung bzw. Veränderung räumlicher Blechformteile	126
3.5.2.3	Verfahrensübersicht Zug-Umformverfahren zur Erzeugung bzw. Veränderung räumlicher Blechformteile	129
3.5.2.4	Verfahrensübersicht Biege-Umformverfahren zur Erzeugung bzw. Veränderung räumlicher Blechformteile	132
3.6	Literaturverzeichnis	134
4	Trennen	137
4.1	Definition und Einteilung	137
4.2	Trennen durch Spanen	138
4.2.1	Entwicklung und Bedeutung	139
4.2.2	Grundbegriffe beim Spanen	140
4.2.2.1	Kinematik und Geometrie des Spannungsvorganges ..	141
4.2.2.2	Geometrie am Schneidteil spanender Werkzeuge ...	146
4.2.3	Spanbildung	150
4.2.3.1	Vorgänge bei der Spanbildung	150
4.2.3.2	Spanarten und Spanformen	151
4.2.4	Kräfte beim Spanen	154
4.2.4.1	Bedeutung	154
4.2.4.2	Spanungskraft und Spanungskraftkomponenten	154
4.2.4.3	Einflussgrößen auf die Kräfte	155
4.2.5	Werkzeugverschleiß und Werkzeugstandzeit	157
4.2.5.1	Verschleißursachen und Verschleißarten	157
4.2.5.2	Verschleißformen und Messgrößen	158
4.2.5.3	Standbegriffe	159
4.2.5.4	Standzeitermittlung	160
4.2.6	Werkzeugschneidstoffe für Werkzeuge mit geometrisch bestimmter Schneide	163
4.2.7	Kühlschmierstoffe	166
4.2.8	Spanen mit geometrisch bestimmten Schneiden	168
4.2.8.1	Drehen	168
4.2.8.2	Fräsen	170
4.2.8.3	Bohren, Senken, Reiben	173
4.2.8.4	Hobeln und Stoßen	176
4.2.8.5	Räumen	178

4.2.9	Spanen mit geometrisch unbestimmten Schneiden	180
4.2.9.1	Schleifen mit rotierenden Werkzeugen	180
4.2.9.2	Honen	186
4.2.9.3	Läppen	189
4.2.10	Zeit-, Kraft- und Leistungsberechnung bei ausgewählten Verfahren	191
4.2.10.1	Hauptzeitberechnung	191
4.2.10.2	Kraft- und Leistungsberechnung Drehen	193
4.2.10.3	Kraft- und Leistungsberechnung Fräsen	196
4.2.10.4	Kraft- und Leistungsberechnung Schleifen	201
4.2.11	Spezielle Entwicklungen	203
4.2.11.1	Ultraschallunterstützte Zerspanung	203
4.2.11.2	Kryogene Zerspanung	205
4.3	Trennen durch Abtragen	206
4.3.1	Funkenerosion	208
4.3.1.1	Grundlagen	209
4.3.1.2	Anlagentechnik zum funkenerosiven Schneiden	211
4.3.1.3	Anlagentechnik zum funkenerosiven Senken	213
4.3.2	Wasserstrahltechnologie	221
4.3.2.1	Verfahrensgrundlage	222
4.3.2.2	Anlagentechnik	225
4.3.2.3	Verfahrensmerkmale (Kerbtiefe, Schnittfläche, Schnittfuge)	229
4.3.2.4	Anwendungsgebiete	231
4.3.2.5	Zusammenfassung der Vor- und Nachteile des Verfahrens	231
4.3.3	Autogenes Brennschneiden	232
4.3.3.1	Verfahrensmerkmale und Anwendungshinweise	232
4.3.3.2	Anwendungsbereich – Vergleich zu anderen Trennverfahren	234
4.3.4	Laserstrahlschneiden	235
4.3.4.1	Verfahrensmerkmale und Anwendungshinweise	235
4.3.4.2	Anwendungsbereich – Vergleich zu anderen Trennverfahren	237
4.3.5	Plasmaschneiden	238
4.3.5.1	Verfahrensmerkmale und Anwendungshinweise	238
4.3.5.2	Anwendungsbereich – Vergleich zu anderen Trennverfahren	240
4.4	Literaturverzeichnis	241

5	Fügen	245
5.1	Einführung in die Fügetechnik	245
5.1.1	Einteilung der Fügeverfahren	245
5.1.2	Wirkprinzipien beim Fügen	246
5.1.3	Fügarkeit	247
5.2	Zusammensetzen	248
5.3	Füllen	250
5.4	An- und Einpressen	251
5.4.1	Überblick	251
5.4.2	Schrauben	252
5.4.3	Fügen durch Pressverbindung	256
5.5	Fügen durch Urformen	258
5.6	Fügen durch Umformen	260
5.6.1	Überblick	260
5.6.2	Fügen durch Umformen drahtförmiger Körper	261
5.6.3	Fügen durch Umformen bei Blech-, Rohr- und Profiltellen	261
5.6.3.1	Überblick	261
5.6.3.2	Bördeln und Falzen	263
5.6.3.3	Durchsetzfügen	264
5.6.3.4	Fließlochformendes Schrauben	265
5.6.4	Fügen durch Nietverfahren	266
5.6.4.1	Überblick	266
5.6.4.2	Stanznieten	267
5.6.4.3	Nieten	269
5.6.4.4	Blindnieten	270
5.6.4.5	Schließbringnieten	271
5.7	Fügen durch Schweißen	272
5.7.1	Überblick	272
5.7.2	Pressschweißen	273
5.7.2.1	Überblick	273
5.7.2.2	Pressschweißen durch elektrische Gasentladung	274
5.7.2.3	Pressschweißen durch Bewegung von Masse	276
5.7.2.4	Pressschweißen durch elektrischen Strom	278
5.7.2.5	Diffusionsschweißen	281
5.7.3	Schmelzschweißen	282
5.7.3.1	Überblick	282
5.7.3.2	Schmelzschweißen durch Gas	283
5.7.3.3	Schmelzschweißen durch elektrische Gasentladung	284
5.7.3.4	Schmelzschweißen durch Strahlung	291

5.8	Fügen durch Löten	294
5.8.1	Überblick	294
5.8.2	Löten durch feste Körper	297
5.8.3	Löten durch Flüssigkeit	298
5.8.4	Löten durch Gas	298
5.8.5	Löten durch Strahlung	299
5.8.6	Löten durch elektrischen Strom	300
5.8.7	Ofenlöten	301
5.8.8	Löten durch elektrische Gasentladung	302
5.9	Kleben	303
5.9.1	Überblick	303
5.9.2	Kleben mit physikalisch abbindenden Klebstoffen	305
5.9.3	Kleben mit chemisch abbindenden Klebstoffen	306
5.10	Textiles Fügen	307
5.11	Literaturverzeichnis	311
6	Beschichten	313
6.1	Einführung	313
6.2	Beschichten aus dem flüssigen Zustand	315
6.2.1	Überblick	315
6.2.2	Schmelztauchen	315
6.2.3	Lackieren	316
6.2.4	Emaillieren	318
6.3	Beschichten aus dem körnigen oder pulverförmigen Zustand	319
6.3.1	Überblick	319
6.3.2	Wirbelsintern	320
6.3.3	Elektrostatisches Beschichten	320
6.3.4	Thermisches Spritzen	321
6.4	Beschichten durch Schweißen	325
6.5	Beschichten aus dem gas- oder dampfförmigen Zustand	327
6.5.1	Überblick	327
6.5.2	PVD-Verfahren	328
6.5.3	CVD-Verfahren	330
6.6	Beschichten aus dem ionisierten Zustand	330
6.6.1	Überblick	330
6.6.2	Galvanisches Beschichten	331
6.6.3	Chemisches Beschichten	332
6.7	Literaturverzeichnis	333

7	Stoffeigenschaftsändern durch Wärmebehandeln	335
7.1	Definitionen, Ziele, metallkundliche Effekte und Abgrenzung	335
7.2	Wärmebehandlungsprozesse für Stähle	340
7.2.1	Thermische Verfahren	340
7.2.1.1	Prozessgrundlagen	340
7.2.1.2	Charakterisierung wesentlicher Verfahren	345
7.2.2	Thermochemische Verfahren	351
7.2.2.1	Prozessgrundlagen	351
7.2.2.2	Charakterisierung wesentlicher Verfahren	353
7.2.3	Thermomechanische Verfahren	358
7.2.3.1	Prozessgrundlagen	358
7.2.3.2	Charakterisierung wesentlicher Verfahren	360
7.3	Fertigungstechnische Realisierung	362
7.4	Stellung der Wärmebehandlung im Fertigungsprozess	365
7.5	Literaturverzeichnis	368
8	Generative Fertigungsverfahren	371
8.1	Prototypen in der Produktentwicklung	371
8.2	Das Grundprinzip generativer Fertigungsverfahren	372
8.3	Die informationstechnische Prozesskette	374
8.3.1	3D-CAD-Modellierung	374
8.3.2	STL-Schnittstelle	375
8.3.3	Datenaufbereitung	376
8.3.4	Bauprozess	377
8.3.5	Finish-Bearbeitung und Folgeverfahren	378
8.4	Industrielle generative Fertigungsverfahren	379
8.4.1	Polymerisation	379
8.4.2	Schmelzen und Verfestigen von Pulvern	382
8.4.3	Ausschneiden und Fügen von Folien	385
8.4.4	Schmelzen und Verfestigen aus der festen Phase	387
8.4.5	Verkleben von Pulvern mit Bindersystemen	389
8.5	Folgetechnologien und Rapid Tooling	391
8.5.1	Zielwerkstoff Kunststoff	391
8.5.2	Zielwerkstoff Metall	393
8.6	Literaturverzeichnis	394

9	Leitlinie zur Gestaltung von Fertigungsprozessen	395
9.1	Einführung	395
9.1.1	Aufgaben und Ziele der Fertigungsprozessgestaltung	395
9.1.2	Einflussgrößen auf den Planungsaufwand	397
9.2	Grundlagen und Begriffe	399
9.2.1	Gliederung der Fertigungsprozesse nach Prozesselementen	399
9.2.2	Gliederung der Fertigung nach der Mengenstruktur	401
9.2.3	Gliederung der Fertigung nach der Organisationsstruktur	402
9.3	Ausarbeiten von Fertigungsprozessen der Teilefertigung	405
9.3.1	Vorbetrachtungen	405
9.3.2	Prüfen der konstruktiven/funktionellen Anforderungen	405
9.3.3	Funktionale Flächen am Einzelteil	406
9.3.4	Bestimmflächen	410
9.3.5	Auswahl der Arbeitsweise	411
9.3.6	Generierendes Ausarbeiten des Fertigungsprozesses	412
9.3.6.1	Ermittlung der technischen Elemente (Bearbeitungselemente) und des Rohteiles	413
9.3.6.2	Prozessgrobentwurf	414
9.3.6.3	Prozessfeinentwurf	416
9.4	Vergleich technologischer Varianten	423
9.4.1	Entscheidungskriterien	423
9.4.2	Methoden zur Berechnung vergleichbarer Kosten	424
9.4.2.1	Kostenschema	424
9.4.2.2	Berechnung der direkt zurechenbaren technologischen Einzelkosten	426
9.4.2.3	Zuschlagskalkulation	428
9.4.2.4	Stundenkostenkalkulation	432
	Stichwortverzeichnis	439