

Berichte aus der Fertigungstechnik

**Martin Molitor, Eberhard Ambros, Horst Herold,  
Friedhelm Lierath, Wolfgang Quas**

**Einführung in die Fertigungslehre**

Shaker Verlag  
Aachen 2000

**Inhaltsverzeichnis**

<b><u>1. Einführung – IFQ/Prof. Lierath</u></b>	<b>1</b>
1.1 Strukturierung der Produktionstechnik.....	3
1.2 Teilefertigung und Montage.....	5
1.3 Fertigungsvorbereitung.....	8
1.4 Literatur.....	10
<b><u>2. Urformen – IFQ/Prof. Ambos</u></b>	<b>11</b>
2.1 Einordnung des Umformens in die Fertigungsverfahren.....	11
2.2 Begriffsbestimmung.....	11
2.3 Das Urformen im Prozeß der Herstellung von Einzelteilen.....	12
2.4 Volkswirtschaftliche Bedeutung des Formgießens.....	16
2.5 Literatur.....	17
<b><u>3. Gußwerkstoffe – IFQ/Prof. Ambos</u></b>	<b>19</b>
3.1 Gußeisenwerkstoffe.....	19
3.1.1 Gußeisen mit Lamellengraphit.....	20
3.1.1.1 Abkühlabläufe.....	23
3.1.1.2 Eutektischer Kohlenstoffgehalt.....	24
3.1.1.3 Sättigungsgrad.....	24
3.1.2 Gußeisen mit Vermiculargraphit.....	26
3.1.3 Gußeisen mit Kugelgraphit.....	26
3.1.3.1 Kugelgraphit.....	27
3.1.3.2 Wärmebehandlung.....	27
3.1.4 Hartguß.....	29
3.1.5 Temperguß.....	29
3.1.5.1 Wärmebehandlung.....	29
3.2 Stahlguß.....	31
3.3 Aluminiumguß.....	33
3.3.1 Legierungstypen.....	33
3.3.2 Werkstoffsorten.....	34
3.4 Kupferguß.....	34
3.5 Literatur.....	34
<b><u>4. Technologischer Prozeß des Formgießens – IFQ/Prof. Ambos</u></b>	<b>37</b>
<b><u>5. Formverfahren – IFQ/Prof. Ambos</u></b>	<b>39</b>
5.1 Urformwerkzeuge.....	39

5.2	Verfahren mit verlorenen Formen	39
5.2.1	Verdichtungsformverfahren	40
5.2.1.1	Stampfverfahren	41
5.2.1.2	Rütteln und Pressen oder Hochdruckpressen	44
5.2.1.3	Blasen oder Schießen und Hochdruckpressen	48
5.2.1.4	Luftimpuls-Formverfahren	50
5.2.1.5	Gasexplosionsformverfahren	51
5.2.2	Verfestigungsformverfahren	51
5.2.2.1	Maskenformverfahren	52
5.2.2.2	Phenolharz-Härter-Verfahren	54
5.2.2.3	Feingießverfahren	56
5.2.2.4	Vakuumformverfahren	59
5.3	Dauerformverfahren	59
5.3.1	Kokillengießverfahren	61
5.3.2	Niederdruckkokillengießverfahren	62
5.3.3	Druckgießverfahren	63
5.3.4	Schleudergießverfahren	67
5.3.5	Flüssigpressen	69
5.4	Literatur	71
<b>6.</b>	<b>Umform- und Zerteiltechnik – IFQ/Doz. Petzold</b>	<b>73</b>
6.1	Einführung	73
6.2	Grundlagen der Umformtechnik	74
6.2.1	Bedingungen des bildsamen Zustandes	74
6.2.2	Umformvorgang	76
6.2.3	Umformmechanismus	76
6.2.4	Geometrische und kinematische Größen	79
6.2.4.1	Volumenkonstanz	79
6.2.4.2	Kennwerte für die Abmessungsänderung	80
6.2.4.3	Umformgeschwindigkeit	81
6.2.4.4	Umformtemperatur	81
6.2.5	Fließspannung, Fließkurve	82
6.2.6	Fließbedingungen	84
6.2.7	Fließgesetz	84
6.2.8	Umformkraft	85
6.2.9	Umformarbeit	85
6.3	Umformverfahren	86
6.3.1	Verfahrensübersicht	86

---

6.3.2	Blechumformung.....	86
6.3.2.1	Tiefziehen.....	88
6.3.2.2	Biegen.....	93
6.3.3	Massivumformen.....	99
6.3.3.1	Freiformen.....	100
6.3.3.2	Gesenkformen.....	101
6.3.3.3	Fließpressen.....	104
6.4	Zerteilen.....	106
6.5	Literatur.....	113
<b>7.</b>	<b>Trennen - Spanen und Abtragen – IFQ/Prof. Lierath</b>	<b>115</b>
7.1	Wirtschaftliche Bedeutung und Entwicklungstendenzen.....	115
<b>8.</b>	<b>Spanen - verfahrensunabhängige Grundlagen – IFQ/Prof. Lierath</b>	<b>117</b>
8.1	Definition und Wirkprinzip.....	117
8.2	Mechanik der Spanbildung.....	118
8.2.1	Mechanismus der Spanbildung.....	118
8.2.2	Spanform, Spanformung und Spanbrechung.....	120
8.2.3	Idealisierung des Spanbildungsvorgangs.....	122
8.3	Grundbegriffe der Zerspantechnik.....	124
8.3.1	Kinematik des Zerspanvorgangs.....	125
8.3.2	Geometrie des Zerspannungsvorgangs.....	126
8.3.3	Geometrie der Werkzeugschneide.....	128
8.4	Effektivitätskenngrößen.....	131
8.4.1	Produktivitätskenngrößen.....	131
8.4.2	Energetische Kenngrößen.....	132
8.4.3	Ökonomische Kenngrößen.....	132
8.5	Modelle der Zerspantechnik.....	133
8.5.1	Zerspankraft-Modell.....	133
8.5.1.1	Zerspankraft und ihre Komponenten.....	133
8.5.1.2	Empirisches Zerspankraft-Modell.....	136
8.5.1.3	Praktische Bedeutung des Zerspankraftmodells.....	140
8.5.2	Verschleiß-Standzeit-Modell.....	140
8.5.2.1	Verschleißarten, -formen und -meßgrößen.....	140
8.5.2.2	Empirisches Verschleiß-Standzeit-Modell.....	142
8.5.2.3	Praktische Nutzung des Verschleiß-Standzeit-Modells.....	145
8.5.3	Schneidstoffe – eine Übersicht.....	146
8.6	Spanende Verfahren, Verfahrensvarianten und -modifikationen.....	153
8.6.1	Einteilung und Ordnungsprinzipien.....	153

8.7	Literatur.....	156
<b>9.</b>	<b><u>Abtragen – IFQ/Prof. Lierath</u></b>	<b>157</b>
9.1	Abtragsverfahren – Definition und Einteilung.....	157
9.2	Thermisches Abtragen mit elektrischen Funken.....	158
9.3	Thermisches Abtragen mit Laserstrahl.....	164
9.4	Literatur.....	167
<b>10.</b>	<b><u>Begriffliche Grundlagen und Anwendungsbeispiele zum Fügen durch Stoffverbinden – IFST/Prof. Herold/Hübner</u></b>	<b>169</b>
10.1	Einordnung des Fügens in die Fertigungsverfahren.....	169
10.2	Fügen durch Stoffverbinden.....	171
10.2.1	Grundschemata des Fügens durch Stoffverbinden.....	171
10.2.2	Fügen durch Schweißen.....	174
10.2.2.1	Definition des Schweißens.....	174
10.2.2.2	Einteilung der Schweißprozesse.....	175
10.3	Literatur.....	181
<b>11.</b>	<b><u>Fügen durch Verbindungsschweißen – IFST/Prof. Herold/Dr. Zwickert</u></b>	<b>183</b>
11.1	Charakteristische Besonderheiten der Herstellung von Schmelzschweißverbindungen des Stahl-, Behälter-, Anlagen-, Rohrleitungs- und Schiffbaus.....	183
11.2	Allgemeines Schema der Herstellung von Schmelzschweißverbindungen.....	184
11.3	Prozestufen der Herstellung eines geschweißten Erzeugnisses.....	189
11.3.1	Herstellung geschweißter Einzelteile.....	190
11.3.2	Herstellung geschweißter Baugruppen.....	191
11.3.3	Montage der Baugruppen zum geschweißten Erzeugnis.....	192
11.4	Bauteilspezifische Gestaltung der Schweißstöße.....	193
11.4.1	Stumpfstoß.....	193
11.4.2	T-Stoß.....	194
11.4.3	Eckstoß.....	194
11.5	Fugeformen für Schweißstöße (Schmelzschweißverbindungen).....	195
11.6	Verfahren- und bauteilspezifische Ausführungsarten von Schmelzschweißverbindungen.....	195
11.7	Literatur.....	197
<b>12.</b>	<b><u>Steigerung des Gebrauchswertes von Erzeugnissen durch Auftragschweißen – IFST/Prof. Herold/Doz. Irmer</u></b>	<b>199</b>
12.1	Notwendigkeit des Auftragschweißens.....	199

12.2	Auftragschweißen mit artfremdem und artgleichem Schweißzusatz.....	199
12.2.1	Allgemeine Betrachtungen zum Auftragschweißen.....	199
12.2.2	Herstellung von Plattierungen.....	201
12.2.3	Herstellung von Panzerungen.....	201
12.3	Einflußfaktoren auf Qualität und Eigenschaften von Auftragschweißungen.....	202
12.3.1	Technologische Einflußfaktoren.....	202
12.3.2	Metallurgische Einflußfaktoren.....	207
12.4	Vergleich wichtiger Auftragschweißprozesse.....	207
12.5	Vorteile des Auftragschweißens.....	210
12.6	Literatur.....	210
<b>13.</b>	<b><u>Begriffliche Grundlagen und Anwendungsbeispiele zum Löten und Kleben – IFST/Prof. Herold/Prof. Martinek</u></b>	<b>213</b>
13.1	Einleitung.....	213
13.2	Löten.....	213
13.2.1	Prozeßbesonderheiten.....	213
13.2.2	Anwendungsbeispiele.....	217
13.3	Kleben.....	219
13.3.1	Grundlegende Betrachtungen zum Kleben.....	219
13.3.2	Kleben in der Serienfertigung am Beispiel Automobilbau.....	222
13.4	Literatur.....	225
<b>14.</b>	<b><u>Wärmebehandlungstechnik – IWW/Prof. Prietzel</u></b>	<b>227</b>
14.1	Einleitung.....	227
14.2	Grundlagen der Wärmebehandlung.....	228
14.2.1	Werkstofftechnische Grundlagen.....	228
14.2.2	Technologische Grundlagen.....	233
14.3	Literatur.....	235
<b>15.</b>	<b><u>Verfahren der Wärmebehandlung – IWW/Prof. Prietzel</u></b>	<b>237</b>
15.1	Thermische Verfahren der Wärmebehandlung.....	237
15.1.1	Glühverfahren.....	237
15.1.1.1	Normalglühen.....	237
15.1.1.2	Perlitglühen.....	239
15.1.1.3	Weichglühen.....	239
15.1.1.4	Grobkornglühen.....	241
15.1.1.5	Spannungsarmglühen.....	241
15.1.1.6	Rekristallisationsglühen.....	242
15.1.2	Härten und Anlassen.....	243
15.1.2.1	Härteverfahren.....	246

15.1.2.2	Anlassen und Vergüten	249
15.1.3	Randschichthärten	250
15.1.3.1	Flammhärten	252
15.1.3.2	Induktionshärten	253
15.1.3.3	Weitere Randschichthärtverfahren	254
15.2	Thermochemische Verfahren der Wärmebehandlung	255
15.2.1	Einsatzhärten	255
15.2.1.1	Aufkohlen	255
15.2.1.2	Härteverfahren nach dem Aufkohlen	259
15.2.2	Nitrieren	263
15.2.3	Carbonitrieren und Nitrocarburieren	264
15.3	Literatur	265
<b>16.</b>	<b><u>Wärmebehandlungsanlagen – IWW/Prof. Prietzel</u></b>	<b>267</b>
16.1	Literatur	271
<b>17.</b>	<b><u>Beschichtungstechnik – IWW/Prof. Prietzel</u></b>	<b>273</b>
17.1	Einleitung	273
17.2	Oberflächenvorbereitung, Zwischen- und Nachbehandlung	278
17.3	Beschichten mit Metallen	284
17.3.1	Beschichten aus dem schmelzflüssigen Zustand	286
17.3.2	Elektrochemisch und chemisch aufgebraute Schichten	289
17.3.3	Thermische Spritzschichten	292
17.4	Beschichten mit organischen Stoffen	295
17.5	Nichtmetallisch – anorganische Schichten	301
17.6	Literatur	308
<b>18.</b>	<b><u>Montage und Demontage – IFQ/Prof. Lichtenberg</u></b>	<b>309</b>
18.1	Einordnung, Inhalt und Bedeutung der Montage	309
18.2	Arbeitstechniken der Montage	310
18.3	Montagegerechte Bauteil- und Erzeugnisgestaltung	312
18.4	Automatisierung von Montagevorgängen	314
18.5	Grundlagen der Montageplanung	318
18.6	Bedeutung und Inhalt der Demontage	320
18.7	Literatur	325
<b>19.</b>	<b><u>Prozeßkettenorientiertes Qualitätsmanagement</u></b>	<b>327</b>
	<b><u>– IFQ/Prof. Molitor</u></b>	<b>327</b>
19.1	Begriff der Qualität	327

19.2	Qualitätsanforderungen in der Serienproduktion .....	328
19.3	Einführung in die statistische Prozeßkontrolle (SPC) .....	332
19.4	Wirtschaftliche Bedeutung der Qualität .....	336
19.5	Literatur .....	338
<b><u>20. Organisatorisch orientiertes Qualitätsmanagement</u></b>		
	<b>– IFQ/Prof. Molitor</b>	<b>339</b>
20.1	Qualitätsstruktur eines Unternehmens .....	339
20.2	Qualitätstechniken .....	341
20.2.1	Fehlermöglichkeits- und Einflußanalyse (FMEA) .....	342
20.2.2	Qualitäts-Design-Review (QDR) .....	343
20.2.3	Statistische Versuchsplanung (DOE) .....	345
20.3	Ebenenübergreifende Qualitätsregelkreise .....	346
20.4	Literatur .....	350
<b><u>21. Der Mensch im Fertigungsprozeß – IAF/Prof. Quaas</u></b>		<b>351</b>
21.1	Der Fertigungsprozeß als Arbeitsprozeß – Menschorientierung in der Fertigung .....	351
21.2	Funktionswandel und neue Anforderungen an den Menschen in der Produktion und an die menschorientierte Gestaltung der Fertigung .....	355
21.2.1	Marktentwicklung .....	355
21.2.2	Technikentwicklung .....	355
21.2.3	Veränderte Organisationsprinzipien der Arbeit und der Produktion in Verbindung mit neuen Leitorientierungen und Paradigmen .....	356
21.2.4	Neue soziale Wertorientierungen und veränderte individuelle und familiäre Verhältnisse („Wertewandel“) .....	356
21.3	Motivation als Leistungs- und Verhaltensfaktor .....	360
21.4	Literatur .....	364
<b><u>22. Der Fertigungsprozeß als Einheit von Mensch, Technik und Organisation – IFQ/Prof. Lichtenberg</u></b>		<b>365</b>
22.1	Ausgangssituation .....	365
22.2	Varianten der Organisationsinnovation .....	368
22.2.1	Gruppentechnik / Gruppenarbeit .....	368
22.2.2	Lean Production .....	371
22.2.3	Simultaneous Engineering .....	373
22.2.4	Logistik .....	376
22.2.5	Konzentration auf den Kernprozeß .....	378
22.3	Effektbewertung der Organisationsinnovation .....	379
22.4	Literatur .....	381