

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einführung</b> . . . . .	<b>1</b>
	<i>von Prof. Dr.-Ing. G. Menges, Aachen</i>	
	Einfluß der Molmasse . . . . .	1
	Einfluß der Temperatur . . . . .	1
	Einfluß des Druckes . . . . .	2
	Einfluß von Zusätzen . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Methoden, Prinzipien und Konzepte der Prozeßautomatisierung – Begriffsbestimmung</b> . . . . .	<b>7</b>
	<i>von Ing. (grad.) H. Recker, Aachen</i>	
2.1	Automatisierung . . . . .	7
2.2	Steuern . . . . .	7
2.3	Regeln . . . . .	9
2.3.1	Regelkreis, regelungstechnische Begriffe . . . . .	9
2.3.2	Zeitverhalten von Regelkreisen . . . . .	11
2.4	Folgesysteme . . . . .	13
2.5	Digitale Regler . . . . .	13
2.6	Optimierung, Adaption . . . . .	15
2.6.1	Regleroptimierung, Adaption von Reglerparametern . . . . .	15
2.6.2	Prozeßoptimierung, Adaption von Prozeßmodellen . . . . .	17
2.7	Prozeßführung, Prozeßregelung . . . . .	18
	Literatur . . . . .	19
<b>3</b>	<b>Entwicklung der Rechnertechnik</b> . . . . .	<b>21</b>
	<i>von Dipl.-Ing. H. Glas, Nürnberg</i>	
3.1	Rechnen mit Null und Eins . . . . .	23
3.2	Vom Relais zur Mikroelektronik . . . . .	24
3.3	Rechnerarchitektur heute wie vor 40 Jahren . . . . .	27
3.4	Das Problem ist die Software . . . . .	29
3.5	Automatisierung in der Kunststoffverarbeitung – heute und morgen . . . . .	33
<b>4</b>	<b>Meßwertaufnehmer und Sensoren</b> . . . . .	<b>37</b>
	<i>von Dr.-Ing. H. Görmar, Troisdorf</i>	
4.1	Aufnehmer für die Apparatemperatur . . . . .	37
4.1.1	Meßprinzipien . . . . .	38
4.1.2	Temperaturaufnehmer – Bauformen und Einbauarten . . . . .	38
4.1.3	Meßfehler . . . . .	40
4.2	Aufnehmer für die Massetemperatur . . . . .	41
4.2.1	Meßprinzip . . . . .	41
4.2.2	Bauformen . . . . .	42
4.2.3	Örtliche und mittlere Massetemperatur . . . . .	44
4.2.4	Meßfehler . . . . .	44
4.3	Aufnehmer für die Oberflächentemperatur . . . . .	46
4.3.1	Meßprinzip . . . . .	46
4.3.2	Emissionsgrad von Kunststoffen . . . . .	47
4.3.3	Bauformen von Strahlungsthermometern . . . . .	49

4.3.4	Auflösung und Meßfehler . . . . .	49
4.4	Aufnehmer für den Massedruck . . . . .	50
4.4.1	Meßprinzipien und Bauformen . . . . .	50
4.4.2	Meßfehler . . . . .	52
4.5	Aufnehmer für die Flächenmasse . . . . .	53
4.5.1	Meßprinzipien . . . . .	53
4.5.1.1	Durchstrahlung . . . . .	53
4.5.1.2	Rückstreuung . . . . .	55
4.5.2	Bauformen . . . . .	55
4.5.3	Einsatzbereiche und Meßfehler . . . . .	56
4.6	Aufnehmer für die Materialdicke . . . . .	57
4.6.1	Meßprinzipien und Bauformen . . . . .	57
4.6.1.1	Elektromechanische Messung . . . . .	57
4.6.1.2	Ultraschallmessung . . . . .	58
4.6.1.3	Induktive Messung . . . . .	59
4.6.1.4	Pneumatisch-induktive Messung . . . . .	60
4.6.2	Einsatzbereiche und Meßfehler . . . . .	61
4.7	Meßwertaufnehmer für Profilabmessungen . . . . .	61
4.7.1	Laseroptische Meßeinrichtung . . . . .	62
4.7.2	Lichtoptische Meßeinrichtung . . . . .	62
4.7.3	Elektromechanische Meßeinrichtung . . . . .	63
4.8	Aufnehmer für weitere Meßgrößen . . . . .	64
	Literatur . . . . .	65
<b>5</b>	<b>Automatisierung in der Aufbereitungstechnik</b> . . . . .	<b>67</b>
	<i>von Dr.-Ing. W. Bamberger und Dipl.-Ing. H. Herrmann, Stuttgart</i>	
5.1	Umfang und Ziele der Aufbereitungstechnik . . . . .	67
5.2	Ziele und Konzeptionen für die Automatisierung in der Aufbereitungstechnik . . . . .	69
5.2.1	Kontinuierliche Aufbereitungsanlagen . . . . .	69
	Qualitätssicherung . . . . .	70
	Kontinuierliche Erfassung qualitätsbestimmender Parameter . . . . .	70
	Qualitätsregelung . . . . .	70
	Beispiele für Qualitätsregelung . . . . .	71
	Senkung der Produktionskosten durch Automatisierung . . . . .	73
	Verfügbarkeit . . . . .	73
	Durchsatzmaximierung . . . . .	75
5.2.2	Diskontinuierliche Aufbereitungsanlagen . . . . .	75
5.3	Automatisierungsgeräte für Aufbereitungsanlagen . . . . .	78
5.3.1	Konventionelle Technik . . . . .	78
5.3.2	Fortschritte der Steuerungs- und Regelungstechnik . . . . .	79
5.3.3	Meßtechnische Voraussetzungen . . . . .	81
	Volumen und Masseströme (Durchsätze) . . . . .	82
	Materialtemperaturen . . . . .	82
	Viskositäten . . . . .	82
	Materialdichte . . . . .	84
	Partikelgrößen und Verteilungszustände . . . . .	84
	Flüchtige Bestandteile . . . . .	84
5.4	Ausgewählte Verfahren der Meß-, Steuerungs- und Regelungstechnik . . . . .	85
5.4.1	Vollautomatischer Produktionsablauf . . . . .	85
5.4.2	Regelung von Qualitätsgrößen . . . . .	89
	Literatur . . . . .	92

<b>6 Extrusionsanlagen</b> . . . . .	93
<i>von Prof. Dr.-Ing. W. Predöhl, Troisdorf, Dr.-Ing. J. Breil, Siegsdorf, Dr.-Ing. E. Haberstroh, Schaffhausen (CH), und H. E. Boden, Remscheid</i>	
6.1 Extruder . . . . .	93
6.1.1 Automatische Rohmaterialzuführung . . . . .	93
6.1.2 Gravimetrische Dosierung mit Massedurchsatz- oder Metergewichtsregelung . . . . .	94
6.1.3 Automatisches Anfahren des Extruders . . . . .	95
6.1.4 Rückführung von Randstreifen . . . . .	97
6.2 Schlauchfolienanlagen . . . . .	98
6.2.1 Foliendicke . . . . .	98
6.2.2 Folienbreite . . . . .	99
6.2.3 Regelverbund für Dicke und Breite . . . . .	100
6.2.4 Kalibrierkorb . . . . .	101
6.2.5 Wickler . . . . .	101
6.3 Flachfolienanlagen . . . . .	102
6.3.1 Regelung des Dickenprofils . . . . .	103
6.3.2 Chillrollanlage, Automatisierung der Gesamtanlage . . . . .	106
6.4 Tafel- und Tiefziehfolienanlagen . . . . .	108
6.5 Rohranlagen . . . . .	111
6.5.1 Möglichkeiten der Automatisierung von Rohranlagen . . . . .	112
6.5.1.1 Dickenmessung . . . . .	112
6.5.1.2 Teilautomatisierung . . . . .	112
6.5.1.3 Vollautomatische Rohranlage . . . . .	115
6.5.2 Anlagen zur Herstellung von Röhrchen . . . . .	117
6.6 Profilanlagen . . . . .	119
6.6.1 Spezielle Meßverfahren . . . . .	119
6.6.1.1 Off-line-Profilmessung . . . . .	120
6.6.1.2 On-line-Dimensionsmessung . . . . .	123
6.6.2 Regelung . . . . .	125
6.6.3 Regelung von Hohlkammerprofilen . . . . .	126
6.7 Monofilamentanlagen . . . . .	128
6.8 Folienbandanlagen . . . . .	129
6.8.1 Temperaturregelung . . . . .	129
6.8.2 Druckregelung . . . . .	130
6.8.3 Drehzahlregelung . . . . .	131
6.8.4 Prozeßüberwachung . . . . .	132
6.8.5 Prozeßsteuerung . . . . .	132
6.8.6 Automatischer Spulenwechsel und Spulenhandhabung . . . . .	132
6.8.7 Wickler . . . . .	133
6.9 Granulieranlagen . . . . .	133
6.9.1 Anlagen zur Herstellung von PVC-hart- und PVC-weich-Granulat mit Hilfe von gegenläufigen Doppelschneckenextrudern . . . . .	133
6.9.2 Anlagen zur Herstellung von Granulat aus unsortierten, teilweise stark verschmutzten Folienabfällen . . . . .	134
6.9.2.1 Materialaufgabe . . . . .	134
6.9.2.2 Materialaustragung und Fremdstoffseparierung . . . . .	134
6.9.2.3 Materialtrocknung . . . . .	134
6.9.2.4 Zwischendepots . . . . .	134
6.9.2.5 Extrusion, Granulierung . . . . .	136
6.9.2.6 Regelverbund . . . . .	136
Literatur . . . . .	137

<b>7</b>	<b>Spritzgießanlagen – aus der Sicht des Maschinenherstellers</b>	<b>139</b>
	<i>von Dr.-Ing. E. Schwab, Meinerzhagen</i>	
7.1	Verfahrenstechnische Zusammenhänge zwischen Qualitätseigenschaften und Prozeßgrößen	139
7.2	Mikrorechnersysteme an Spritzgießmaschinen	141
7.2.1	Struktur von Mikrorechnersystemen	141
7.2.2	Anforderungen an Mikrorechnersysteme für Kunststoffmaschinen	142
7.2.2.1	Anzeige- und Bediensystem	143
7.2.2.2	Sollwertspeicherung, Fehlerdiagnose	144
7.2.2.3	Ablaufsteuerung	145
7.2.2.4	Temperaturregelung	145
7.2.2.5	Meßwerterfassung, Steuerung und Regelung von Prozeßgrößen	146
7.2.2.6	Qualitätskontrolle	148
7.2.2.7	Prozeßoptimierung	150
7.3	Einrichtungen zur Rüstzeitverkürzung	152
7.3.1	Rohstoffversorgung	152
7.3.2	Automatischer Trichterwechsel	153
7.3.3	Wechsel von Spritzaggregaten	153
7.3.4	Werkzeugschnellspannsysteme, Auswerferkupplung	155
7.3.5	Werkzeugschnellwechselsysteme	157
7.3.6	Entnahmegерäte und Roboter	159
7.3.7	Betriebsdatenerfassung und Fertigungsleitreehner	161
7.4	Flexible Fertigungssysteme	162
	Literatur	165
<b>8</b>	<b>Spritzgießanlagen – aus der Sicht des Verarbeiters</b>	<b>167</b>
	<i>von Ing. W. van der Meulen, Eindhoven (NL)</i>	
8.1	Einleitung	167
8.2	Spritzgießanlagen im Jahr 1984	168
8.2.1	Spritzgießmaschinen	168
8.2.1.1	Mechanik	168
8.2.1.2	Prozeßsteuerung und -regelung	169
	Temperaturregelung	169
	Hydraulische Steuerung/Regelung	169
	Elektronische Steuerung	172
8.2.2	Peripheriegeräte	175
8.2.2.1	Sortiergeräte für Angüsse und Produkte	176
8.2.2.2	Handhabungsgeräte	176
	Roboter	176
	„Pick and place“-Handhabungsgeräte	176
8.2.2.3	Werkzeugtemperiergeräte	177
8.2.2.4	Vortrocknen und Entgasen	177
	Vortrocknen	178
	Entgasen	178
8.2.2.5	Einfärben und Mischen	179
8.2.2.6	Schnellwechselsysteme	179
8.3	Einige soziale und organisatorische Aspekte	180
	Planung	180
	Stufenweise Automatisierung	180
	Maximale Standardisierung	180
	Motivierung	181

8.4	Zukunftswünsche . . . . .	181
	Zuverlässigkeit . . . . .	181
	Rentabilität . . . . .	181
	Gleichbleibende Produktqualität . . . . .	181
	Bedienungsfreundlichkeit . . . . .	181
	Wartungsfreundlichkeit . . . . .	182
Literatur . . . . .		182
<b>9</b>	<b>Automation beim Blasformen – aus der Sicht des Maschinen-Herstellers</b> . . . . .	<b>183</b>
	<i>von Dr.-Ing. K. Esser, Bonn-Holzlar</i>	
9.1	Die moderne Blasformfertigung . . . . .	183
9.1.1	Anforderungen an den Anlagenbau . . . . .	183
9.1.2	Automatisierungsstufen beim Blasformen . . . . .	184
9.2	Stand der Automationstechnik beim Blasformen . . . . .	186
9.2.1	Maschinensteuerung . . . . .	186
9.2.2	Prozeßregelung . . . . .	187
9.2.2.1	Temperaturregelung . . . . .	188
9.2.2.2	Wanddickenprogrammierung . . . . .	190
9.2.2.3	Vorformlinglängenregelung . . . . .	193
9.2.2.4	Regelung der Bewegung von Maschinenteilen . . . . .	194
9.2.3	Prozeßüberwachung . . . . .	195
9.2.4	Qualitätskontrolle . . . . .	197
9.2.5	Nachbearbeitung und Handling . . . . .	198
9.2.6	Materialversorgung und Produktentsorgung . . . . .	200
9.3	Ausblick . . . . .	200
Literatur . . . . .		201
<b>10</b>	<b>Blasformanlagen – aus der Sicht des Verarbeiters</b> . . . . .	<b>203</b>
	<i>von Dipl.-Ing. R. Holzmann und Dipl.-Ing. H. D. Lesch, Bonn</i>	
10.1	Technologien des Blasformens . . . . .	203
10.1.1	Einsatzgebiete blasgeformter Teile . . . . .	204
10.1.2	Peripherie der Blasformanlagen und Einfluß der Gestaltung von Blasteilen auf Qualität und Prozeßsicherheit . . . . .	208
10.2	Die Blasformmaschine und ihr Umfeld . . . . .	209
10.2.1	Materialbehandlung . . . . .	209
10.2.1.1	Die Handhabung palettierter Sackware . . . . .	209
10.2.1.2	Die Handhabung von Pappcontainern auf Einwegpaletten . . . . .	210
10.2.1.3	Silofahrzeuge und Vorratssilos . . . . .	211
10.2.1.4	Stapelbare Mehrwegcontainer . . . . .	211
10.2.1.5	Materialaufbereitung durch Zerkleinern, Dosieren, Mischen . . . . .	211
10.2.2	Blasformmaschinen . . . . .	212
10.2.2.1	Extruder . . . . .	213
10.2.2.2	Köpfe . . . . .	213
	Köpfe für kontinuierlichen Schlauchaustritt . . . . .	213
	Akkuköpfe . . . . .	215
10.2.2.3	Schließenheiten und Werkzeugträger . . . . .	216
10.2.2.4	Blasdorneinheiten . . . . .	216
10.2.2.5	Entbutzung . . . . .	217
10.2.2.6	Maschinensteuerung . . . . .	219
10.2.3	Folgeeinrichtungen . . . . .	220

10.2.4	Umrüsten, Bedienbarkeit und Sicherheit der Blasformmaschine . . . . .	221
10.3	Zukunftsaspekte . . . . .	222
	Literatur . . . . .	223
<b>11</b>	<b>Kabelanlagen</b> . . . . .	<b>225</b>
	<i>von Prof. Dr.-Ing. G. Wiegand, Mannheim-Neckarau</i>	
11.1	Meßgeräte, Meßsensoren . . . . .	225
11.1.1	Durchmessererfassung . . . . .	226
11.1.2	Wanddicken-, Zentritätserfassung . . . . .	227
11.1.3	Spannungsprüfung . . . . .	228
11.1.4	Kapazitätsmessung . . . . .	229
11.1.5	Anbinder-Detektoren . . . . .	229
11.1.6	Oberflächenmessungen . . . . .	230
11.2	Prozeßautomatisierung . . . . .	231
11.2.1	Automatisierungskonzept einer Aderextrusionslinie . . . . .	232
11.2.2	Ummantelungsprozeßsteuerung . . . . .	234
11.2.3	Adaptives Automatisierungskonzept . . . . .	235
	Literatur . . . . .	237
<b>12</b>	<b>Warmformanlagen – aus der Sicht des Maschinenherstellers</b> . . . . .	<b>239</b>
	<i>von Dipl.-Ing. R. Landsteiner und H. Hohengaßner, Freilassing</i>	
12.1	Der Umrüstvorgang . . . . .	241
	Änderungen an mechanischen Elementen . . . . .	241
	Änderungen von Verfahrensparametern . . . . .	241
12.2	Ausführung der Maschine mit automatisiertem Werkzeugwechsel . . . . .	242
12.3	Maschinensteuerung . . . . .	244
12.3.1	Bisherige Verfahrensweise . . . . .	244
12.3.2	Beschreibung einer modernen Anlagen-Steuerung . . . . .	245
	Startdiagnose . . . . .	245
	Laufüberwachung . . . . .	245
	Fehlerdiagnose . . . . .	245
	Parameterblock . . . . .	245
	Heizungssteuerung . . . . .	246
	Werkzeugwechselautomatik . . . . .	246
	Dateneingabe . . . . .	246
	Datenvergleich . . . . .	247
	Bildschirminformation . . . . .	247
	Schnittstellen . . . . .	247
<b>13</b>	<b>Warmformanlagen – aus der Sicht des Verarbeiters</b> . . . . .	<b>249</b>
	<i>von Dr.-Ing. R. Janacek, Göttingen</i>	
13.1	Aufgaben der Automation . . . . .	249
13.1.1	Produktsicherung . . . . .	249
13.1.2	Maschinennutzungsgrad . . . . .	250
13.1.3	Ausschußminderung . . . . .	250
13.2	Die Großserienproduktion und ihre Automation . . . . .	250
13.2.1	Materialhandling . . . . .	250
13.2.1.1	Rohstoffe . . . . .	251
13.2.1.2	Materialtransport . . . . .	251
13.2.1.3	Materialmischungen . . . . .	251

13.2.1.4	Rework . . . . .	252
13.2.2	Produktionslinien – Konzepte . . . . .	252
13.2.3	Inline Extrusion und Thermoformung . . . . .	252
13.2.4	Extrusion und Thermoformen im Zweistufen-Verfahren – Arbeitsgang Extrusion	253
13.2.4.1	Folien-Extruder . . . . .	253
13.2.4.2	Extrusionsdüse und Dickenkontrolle . . . . .	254
13.2.5	Extrusion und Thermoformen im Zweistufen-Verfahren – Arbeitsgang Thermo- formen . . . . .	256
13.2.5.1	Vakuumthermoformung . . . . .	256
13.2.5.2	Druckluftthermoformautomaten . . . . .	257
13.2.5.3	Mechanik und deren Steuerung . . . . .	257
13.2.5.4	Folienerwärmung . . . . .	259
13.2.5.5	Werkzeug und Kühlung . . . . .	261
13.2.5.6	Anfahren und Rollenwechsel . . . . .	261
13.2.5.7	Entsorgung . . . . .	262
13.2.5.8	Qualitätskontrolle und Betriebsdatenerfassung . . . . .	263
13.2.5.9	Raumklima . . . . .	263
13.3	Ausblick in die Zukunft . . . . .	263
13.4	Forderungen der Verarbeiter an neue Thermoformautomaten . . . . .	264
	Literatur . . . . .	265
<b>14</b>	<b>Kalanderanlagen – aus der Sicht des Maschinenherstellers</b> . . . . .	<b>267</b>
	<i>von Dipl.-Ing. K.-D. Marquardt, Hannover</i>	
14.1	Rohstofflagerung, Fördereinrichtungen, Waagen, Materialdosierung und Mischerei . . . . .	268
14.2	Plastifiziereinrichtungen . . . . .	269
14.2.1	Füllstandsüberwachung im Beschickungstrichter des Plastifizierextruder . . . . .	271
14.2.2	Separierautomatik von Metallteilen . . . . .	271
14.2.3	Automatisierung des Materialflusses Extruder – erster Walzenspalt des Kalanders . . . . .	272
14.3	Kalanderanlage mit Nachfolgeeinrichtungen . . . . .	273
14.3.1	Dicken- und Profilautomatik . . . . .	273
14.3.2	Automation an der Wickel-Wendemaschine . . . . .	275
14.3.3	Regenerataufbereitung . . . . .	275
14.4	Elektrische Antriebstechnik . . . . .	276
14.5	Regelkreise für Heizung und Kühlung . . . . .	277
14.6	Zukunftsperspektiven . . . . .	278
<b>15</b>	<b>Kalanderanlagen – aus der Sicht des Verarbeiters</b> . . . . .	<b>281</b>
	<i>von Dr. H. Kopsch, Weinheim</i>	
15.1	Beschreibung und Analyse des Kalanderverfahrens . . . . .	281
15.1.1	Materiallagerung, Transport und Dosierung . . . . .	281
15.1.2	Materialvorbereitung in der Mischerei . . . . .	282
15.1.3	Materialaufbereitung . . . . .	282
15.1.4	Kalanderbeschickungsband . . . . .	283
15.1.5	Folienformung im Kalander . . . . .	283
15.1.6	Nachbehandlung . . . . .	284
15.2	Erreichter Automatisierungsgrad . . . . .	285
15.2.1	Foliendickenautomatik in Kunststoff-Kaländern . . . . .	286
15.2.2	Flächengewichtsautomatik bei Gummi-Kaländern . . . . .	290

15.2.3	Qualitätsanforderungen . . . . .	292
15.3	Kosten und Wirtschaftlichkeit . . . . .	292
15.4	Zukunftsaussichten . . . . .	293
15.4.1	Laufende Entwicklung . . . . .	293
15.4.1.1	Kalenderbeschickung . . . . .	293
15.4.1.2	Knetregelung . . . . .	294
15.4.1.3	Walzenspaltmeßanlage . . . . .	294
15.4.2	Wünsche des Verarbeiters . . . . .	295
15.5	Ausblick . . . . .	296
	Literatur . . . . .	297
<b>16</b>	<b>Polyurethan-Schäum- und RIM-Anlagen . . . . .</b>	<b>299</b>
	<i>von Ing. P. Doxie, Teningen, Dipl.-Ing. F. Löffler, Teningen, Dipl.-Ing. K. W. Schulte, Leverkusen, und Ing. H.-M. Sulzbach, St. Augustin</i>	
16.1	Gliederung und Beschreibung des PUR-Herstellprozesses und der Maschine . . . . .	300
16.2	Rohstoffbehandlung . . . . .	303
16.2.1	Anliefern . . . . .	303
16.2.2	Lagern . . . . .	303
16.2.3	Vormischen und Formulieren . . . . .	305
16.2.4	Vormischen von Polyol mit Füllstoffen . . . . .	306
16.2.4.1	Liefergebinde für Kurzglasfasern . . . . .	306
16.2.4.2	Entleeren der Gebinde und Dosieren in den Mischbehälter . . . . .	306
16.2.4.3	Mischeinrichtungen . . . . .	307
16.2.5	Temperieren der PUR-Komponenten . . . . .	308
16.2.5.1	Temperiersysteme für kontinuierlich austragende Reaktionsgießmaschinen . . . . .	308
16.2.5.2	Temperiersystem für diskontinuierlich arbeitende Reaktions-spritz- und -gießmaschine ohne Rezirkulation . . . . .	309
16.2.5.3	Temperiersystem für kontinuierlich arbeitende Reaktionsgießmaschinen mit Hochdruckrezirkulation . . . . .	310
16.2.6	Begasen . . . . .	312
16.2.7	Homogenisieren . . . . .	314
16.3	Reaktionsgießmaschinen . . . . .	315
16.3.1	Dosieren . . . . .	315
16.3.1.1	Dosiersysteme . . . . .	315
	Dosierstation für Mehrkomponenten-Mischköpfe . . . . .	315
	Dosierstation ohne Pufferbehälter für Zweikomponenten-Mischköpfe . . . . .	315
	Dosierstation mit Pufferbehälter für Zweikomponenten-Mischköpfe . . . . .	316
16.3.1.2	Auswahlkriterien für Dosieraggregate . . . . .	317
	Konstanz der Volumenströme . . . . .	317
	Erzeugung von Druck . . . . .	317
	Betriebsart . . . . .	318
	Geometrische Einflußgrößen von Dosierelementen auf die Dosiergenauigkeit . . . . .	318
	Einfluß des Dosiermediums auf die Dosiergenauigkeit . . . . .	318
	Füllstoffverarbeitung . . . . .	319
	Isocyanatleckagen . . . . .	319
16.3.1.3	Dosieraggregate . . . . .	319
	Dosieraggregat mit langsam bewegtem Einhubkolben . . . . .	319
	Dosieraggregat mit mehreren schnell laufenden Vielhub-Kolben . . . . .	320
16.3.1.4	Ausführungsbeispiele automatisierter Dosierung . . . . .	320
	Dosiersystem mit schnell laufender Vielkolbenpumpe . . . . .	320



	Dosiersystem aus Kombination von Einhubkolben mit schnell laufender Vielhubkolbenpumpe . . . . .	321
	Dosiersystem mit Einhubkolbenpumpe und Servo- oder Proportionalventilsteuerung . . . . .	322
	Dosiersystem mit Einhubkolbenpumpe und Linearverstärkerantrieb . . . . .	322
16.3.2	Mischen . . . . .	323
16.3.2.1	Gegenstrom-Injektionsvermischung . . . . .	323
16.3.2.2	Parallelstromvermischung . . . . .	324
16.3.2.3	Einflußgrößen der Hochdruckvermischung . . . . .	325
16.3.2.4	Injektionsdüsen . . . . .	326
	Druckgesteuerte Düsen . . . . .	326
	Zwangsgesteuerte Kreislaufdüsenysteme . . . . .	327
16.3.2.5	Selbstreinigende Mischköpfe . . . . .	329
16.3.3	Steuern – Messen – Anzeigen – Auswerten . . . . .	330
16.3.3.1	Meßwerterfassung . . . . .	330
	Durchflußmessung . . . . .	330
	Dichtenmessung . . . . .	331
	Druckmessung in Komponenten und Werkzeugen . . . . .	331
	Temperaturmessung in Komponenten und Werkzeugen . . . . .	331
16.3.3.2	Steuer-, Regel- und Datenverarbeitungseinrichtungen . . . . .	331
16.3.3.3	Praxisbeispiel: Steuerung einer Kühlschrank-Schäumenanlage . . . . .	332
16.4	Eintragen des Reaktionsgemisches . . . . .	334
16.4.1	Geschlossene Werkzeugfüllung . . . . .	334
16.4.2	Offene Werkzeugfüllung . . . . .	335
16.5	Werkzeuge und Schließeinheit . . . . .	337
16.5.1	Werkzeugbewegungen . . . . .	338
16.5.1.1	Fahren, Positionieren . . . . .	338
16.5.1.2	Steuern . . . . .	338
16.5.1.3	Entnehmen . . . . .	338
16.5.2	Werkzeugbehandlung . . . . .	339
16.5.2.1	Säubern . . . . .	339
16.5.2.2	Eintrennen und Einlegen . . . . .	339
16.5.2.3	Temperieren . . . . .	340
16.5.2.4	Messen . . . . .	340
16.6	Formteilbehandlung . . . . .	341
16.6.1	Kontrollieren . . . . .	341
16.6.2	Fixieren . . . . .	342
16.6.3	Besäumen – Entgraten . . . . .	342
16.6.4	Entfetten . . . . .	343
16.6.5	Spachteln . . . . .	343
16.6.6	Transportieren und Lagern . . . . .	343
	Literatur . . . . .	344
<b>17</b>	<b>EPS-Schäumen – aus der Sicht des Maschinenherstellers</b> . . . . .	<b>345</b>
	<i>von W. Kurtz, Hasloch</i>	
17.1	Vorschäumen . . . . .	346
17.1.1	Vorschäumerregelung . . . . .	346
17.1.2	Materialtransport . . . . .	347
17.2	Verarbeitungsmaschinen . . . . .	347
17.2.1	Verfahrenstechnik . . . . .	347
17.2.2	Zykluszeiten . . . . .	348

17.2.2.1	Formteilautomaten und Werkzeugwechsel . . . . .	348
17.2.2.2	Formteihandhabung . . . . .	349
17.2.2.3	Blockverarbeitung . . . . .	350
17.3	Betriebsdatenerfassung . . . . .	351
	Literatur . . . . .	351
<b>18</b>	<b>EPS-Schäumenanlagen – aus der Sicht des Verarbeiters</b> . . . . .	<b>353</b>
	<i>von B. Haushofer, Bonn-Beuel</i>	
18.1	Produktionsstufen für expandiertes Polystyrol . . . . .	353
18.1.1	Vorschäumen . . . . .	353
18.1.2	Zwischenlagerung . . . . .	353
18.1.3	Ausschäumen . . . . .	354
18.2	Technischer Betriebsablauf . . . . .	354
18.2.1	Rohstofflager und Transport . . . . .	354
18.2.2	Innerbetrieblicher Rohstofftransport . . . . .	356
18.2.3	Vorschäumen . . . . .	356
18.2.4	Zwischenlagerung . . . . .	357
18.2.5	Ausschäumen . . . . .	357
18.2.5.1	Blockfertigung . . . . .	358
18.2.5.2	Automatenplatten oder -teile . . . . .	359
18.2.5.3	Extruder-Fertigung . . . . .	359
18.2.6	Blocktransport und Lager . . . . .	359
18.2.7	Konfektionierung: Auftrennen der Blöcke zu Platten und Teilen . . . . .	360
18.2.8	Verpackung und Platten-Lagerung . . . . .	362
18.2.9	Abfallverarbeitung . . . . .	362
18.3	Kurzzeitentwicklung, Zeit-, Kosten-, Qualitätsfaktoren . . . . .	362
18.4	Langzeit-Entwicklungsaussichten . . . . .	363
<b>19</b>	<b>Pressen (SMC, IMC)</b> . . . . .	<b>365</b>
	<i>von Dr.-Ing. U. Weber, Essen, R. Brüssel und R. Liebold, Bretten</i>	
19.1	Anforderungen der verarbeitenden Industrie an Werkstoff und Verfahren . . . . .	365
19.1.1	SMC-Werkstoff (Sheet Moulding Compound) . . . . .	365
19.1.2	SMC-Herstellung . . . . .	366
19.1.3	Anforderungen an die Pressenbauer . . . . .	366
19.1.3.1	Parallelauf-Regelung . . . . .	366
19.1.3.2	Geschwindigkeits- und Preßkraftregelung . . . . .	367
19.1.3.3	Gratarmes Pressen . . . . .	367
19.1.3.4	SMC-Härtezeitsteuerung . . . . .	368
19.1.3.5	Qualitätsüberwachung . . . . .	368
	Teiledicke . . . . .	368
	IMC-Schichtdickentoleranz . . . . .	368
	Porosität der SMC-Teile . . . . .	368
19.2	Der Werkstoff SMC aus der Sicht des Verarbeiters . . . . .	369
19.3	Automatisierte SMC-Herstellung . . . . .	370
19.3.1	Automatische Aufbereitung der Harzpasten . . . . .	370
19.3.2	Automatische Fertigung der SMC auf gesteuerten Anlagen . . . . .	371
19.4	Aufbau moderner SMC-Pressen . . . . .	374
19.4.1	Mechanischer Aufbau . . . . .	375
19.4.2	Geschwindigkeits-, Preßkraft- und Parallelauf-Regelung . . . . .	377

19.4.3	Prozeßsteuerung . . . . .	378
19.4.4	Funktionsablauf und Arbeitsergebnis . . . . .	380
19.4.5	SMC-Oberkolbenpresse mit Parallellauf-Gegenhaltesystem . . . . .	382
19.4.6	Oberkolben-Kurzhubpresse mit Parallellauf-System . . . . .	383
19.5	Automatisierung der SMC-Verarbeitung . . . . .	384
19.5.1	Automatisierung der Pressenperipherie bei SMC-Verarbeitung, Spritzprägen, Transferpressen . . . . .	384
19.5.1.1	SMC-Verarbeitung . . . . .	384
19.5.1.2	Spritzprägen und Transferpressen . . . . .	388
19.5.2	Beispiel Stoßstangen-Fertigung mit weitgehend automatischer Bearbeitung – Arbeitsplatzgestaltung . . . . .	388
19.6	Ausblick . . . . .	392
	Literatur . . . . .	393
<b>20</b>	<b>Fertigung von faserverstärkten Bauteilen im Wickelverfahren . . . . .</b>	<b>395</b>
	<i>von Dr.-Ing. E. Neise, Hamburg, und Dr.-Ing. E. von Gellhorn, Meitingen</i>	
20.1	Automatisierung der Fertigungsschritte beim Wickeln . . . . .	397
20.1.1	Automatisierung des Fertigungsablaufes . . . . .	397
20.1.2	Wickelmaschine . . . . .	398
20.1.2.1	Fadenkraftregelung und Anknüpfung . . . . .	399
20.1.2.2	Tränkung . . . . .	400
20.1.2.3	Wickelvorgang . . . . .	402
20.1.3	Härtestation . . . . .	402
20.1.4	Entformung . . . . .	403
20.1.5	Reinigung und Aufbereitung . . . . .	404
20.2	Zukunftsperspektiven . . . . .	404
20.3	Anforderungen an die Wickelmaschine . . . . .	406
20.3.1	Maschinenkoordinatendefinition . . . . .	406
20.3.2	Maschinensteuerung . . . . .	407
	Literatur . . . . .	409
<b>21</b>	<b>Automatisierung bei Prüf- und Labormaschinen . . . . .</b>	<b>411</b>
	<i>von Dipl.-Ing. H. Theumert, Duisburg</i>	
21.1	Geräte zur Messung der verarbeitungstechnischen Kennwerte von Schmelzen . . . . .	412
21.1.1	Schlitzkapillarextrusion . . . . .	412
21.1.2	Rotationsviskosimeter . . . . .	414
21.1.3	Fließ-Härtungsverlauf bei härtbaren Formmassen . . . . .	415
21.1.4	Feuchtegehaltsmessung . . . . .	417
21.2	Automatische Erfassung von Halbzeugdaten . . . . .	418
21.2.1	Torsionsschwingungsprüfung . . . . .	418
21.2.2	Schlagzähigkeitsprüfung . . . . .	420
21.2.3	Stippen- und Transparenzprüfung . . . . .	421
21.2.4	Prüfung der Wärmeformbeständigkeit . . . . .	424
21.3	Automatisierte Erfassung von Rohstoffkenndaten . . . . .	425
21.3.1	Rieselfähigkeitsprüfung . . . . .	425
21.3.2	Trocken- oder Kaltmischbarkeitsprüfung . . . . .	426
21.3.3	Schnellbestimmung der Dichte . . . . .	427
21.4	Ausblick . . . . .	428
	Literatur . . . . .	429

<b>22</b>	<b>Prüf- und Labormaschinen – aus der Sicht des Anwenders</b> . . . . .	431
	<i>von Dr.-Ing. J. Warmuth, Marl</i>	
22.1	Automatisierung durch digitale Datenerfassung und Rechneinsatz . . . . .	431
22.1.1	Entwicklungsstufen und Ziele der Automatisierung . . . . .	432
22.1.2	Datenerfassungssysteme . . . . .	433
22.1.3	Prozeßrechner . . . . .	435
22.2	Praxisrheometer zur Ermittlung verarbeitungstechnischer Funktionen . . . . .	436
22.2.1	Meßknetter . . . . .	436
22.2.2	Meßextruder . . . . .	437
22.2.2.1	Einsatzbereiche . . . . .	437
22.2.2.2	Extrusionstechnische Kenndaten . . . . .	438
22.2.2.3	Moderne Extrusionsmeßstrecken . . . . .	438
	Extrusionsdatenerfassungssystem . . . . .	439
	Hochmodernes Meßextrudersystem . . . . .	440
22.2.2.4	Strangaufweitungsfunktion . . . . .	441
22.2.2.5	Definierte Prüfkörperherstellung . . . . .	443
22.2.3	Meßwalzwerke . . . . .	443
22.3	Rheologische Prüfgeräte . . . . .	445
22.3.1	Hochdruckkapillar-Rheometer, Viskositätsfunktion . . . . .	446
22.3.2	Schmelzindexprüfgeräte . . . . .	449
22.3.3	Rotationsviskosimeter, Pastenviskosität . . . . .	449
22.3.4	Dehnrheometer . . . . .	450
22.3.5	Vulkameter . . . . .	451
22.4	Objektive Qualitätsmeßverfahren . . . . .	452
22.5	Ausblick auf zukünftige Entwicklungen . . . . .	454
	Literatur . . . . .	455
<b>23</b>	<b>Betriebs- und Prozeßdatenerfassung – aus der Sicht des Maschinenherstellers</b> . . . . .	457
	<i>von Dr.-Ing. P. Geisbüsch, Aachen, und Dr.-Ing. H. Müller, Biedenkopf</i>	
23.1	Abgrenzung der Betriebsdaten- und Produktionsdatenerfassung . . . . .	459
23.1.1	Ziele der Betriebsdatenerfassung . . . . .	459
23.1.2	Konfiguration von Produktionsdatenerfassungs-Systemen und Stand der Technik . . . . .	460
23.2	Prozeßüberwachung . . . . .	464
23.2.1	Anforderungen an ein Prozeßüberwachungssystem . . . . .	464
23.2.2	Technische Beschreibung der Prozeßüberwachung . . . . .	465
23.2.2.1	Meßgrößen . . . . .	465
	Plastifizierphase . . . . .	465
	Einspritzphase . . . . .	465
	Nachdruckphase . . . . .	465
23.2.2.2	Systemkonzeption . . . . .	466
	Gerätebeschreibung . . . . .	466
	Funktionsweise . . . . .	467
23.3	Konzeption einer Gesamtanlage . . . . .	469
	Literatur . . . . .	470
<b>24</b>	<b>Betriebs- und Prozeßdatenerfassung – aus der Sicht des Verarbeiters</b> . . . . .	471
	<i>von Dr.-Ing., Dipl.-Wirtsch.-Ing. G. Burghoff, Finnentrop, und Dipl.-Ing., Dipl.-Wirtsch.- Ing. F. Gliese, Aachen</i>	
24.1	Ziele aus der Sicht des Verarbeiters . . . . .	472
24.1.1	Betriebsdatenerfassung . . . . .	472

24.1.2	Prozeßdatenerfassung . . . . .	472
24.1.2.1	Ausschußanalyse . . . . .	472
24.1.2.2	Ausschußvermeidung . . . . .	474
24.2	Erfahrungen . . . . .	475
24.2.1	Betriebsdatenerfassung . . . . .	475
24.2.2	Prozeßdatenerfassung . . . . .	477
24.2.2.1	Überhöhter Mahlgutanteil . . . . .	477
24.2.2.2	Heißkanalausfall . . . . .	478
24.2.2.3	Druckabhängige Umschaltung . . . . .	479
24.3	Ausblick . . . . .	481
Literatur	. . . . .	483
<b>Stichwortverzeichnis . . . . .</b>		<b>485</b>