

Inhalt

1	Einführung	1
	<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
2	Methoden, Prinzipien und Konzepte der Prozeßautomatisierung – Begriffsbestimmung	7
	<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
3	Entwicklung der Rechnertechnik	21
	<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
4	Meßwertaufnehmer und Sensoren	37
	<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
5	Automatisierung in der Aufbereitungstechnik	67
	<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

6 Extrusionsanlagen	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

7	Spritzgießanlagen – aus der Sicht des Maschinenherstellers	139
	<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
8	Spritzgießanlagen – aus der Sicht des Verarbeiters	167
	<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
9	Automation beim Blasformen – aus der Sicht des Maschinen-Herstellers	183
	<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
10	Blasformanlagen – aus der Sicht des Verarbeiters	203
	<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
11	Kabelanlagen	225
	<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
12	Warmformanlagen – aus der Sicht des Maschinenherstellers	239
	<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
13	Warmformanlagen – aus der Sicht des Verarbeiters	249
	<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 Thermoformen	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
14	Kalanderanlagen – aus der Sicht des Maschinenherstellers	267
	<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 Profilaomatik	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
15	Kalanderanlagen – aus der Sicht des Verarbeiters	281
	<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
16	Polyurethan-Schäum- und RIM-Anlagen	299
	<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	Liefergebände 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 Kühltisch-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
17	EPS-Schäumen – aus der Sicht des Maschinenherstellers	345
	<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
18	EPS-Schäumenanlagen – aus der Sicht des Verarbeiters	353
	<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
19	Pressen (SMC, IMC)	365
	<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
20	Fertigung von faserverstärkten Bauteilen im Wickelverfahren	395
	<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
21	Automatisierung bei Prüf- und Labormaschinen	411
	<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 Rohstoffkennwerten	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

22	Prüf- und Labormaschinen – aus der Sicht des Anwenders	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
23	Betriebs- und Prozeßdatenerfassung – aus der Sicht des Maschinenherstellers	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
24	Betriebs- und Prozeßdatenerfassung – aus der Sicht des Verarbeiters	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
Stichwortverzeichnis		485