

<b>1.1 Physikalische Grundlagen</b>	<b>10</b>	<b>1.5 Einteilung der Kunststoffe</b>	<b>65</b>
1.1.1 Grundbegriffe	10	1.5.1 Einteilung nach der Bildungsreaktion	65
1.1.2 Masse und Gewichtskraft	11	1.5.2 Einteilung nach dem thermischen Verhalten	65
1.1.3 Länge, Fläche, Volumen und Dichte	13		
1.1.4 Zeit und Geschwindigkeit	15	<b>1.6 Wärmeverhalten von Kunststoffen</b>	<b>67</b>
1.1.5 Weitere wichtige physikalische Größen	17	1.6.1 Wärmeverhalten von amorphen Thermoplasten	67
1.1.6 Aggregatzustand, Adhäsion, Kohäsion und Kapillarwirkung	20	1.6.2 Wärmeverhalten von teilkristallinen Thermoplasten	68
1.1.7 Gemenge	22	1.6.3 Wärmeverhalten von Duromeren	69
1.1.8 Kräfte und ihre Wirkungen	24	1.6.4 Wärmeverhalten von Elastomeren	69
<b>1.2 Werkstofftechnik</b>	<b>26</b>		
1.2.1 Einteilung der Werkstoffe	26	<b>1.7 Kunststoffe – Eigenschaften und Anwendung</b>	<b>71</b>
1.2.2 Eigenschaften der Werkstoffe	28	1.7.1 Thermoplaste	71
1.2.3 Einteilung der Eisen-Werkstoffe	31	1.7.2 Polymerblends	85
1.2.4 Handelsformen der Stähle	35	1.7.3 Elastomere	87
1.2.5 Wärmebehandlung bei Stählen	36	1.7.4 Thermoplastische Elastomere	92
1.2.6 Normung der Eisen-Werkstoffe	37	1.7.5 Duromere	95
1.2.7 Nichteisenmetalle	39		
1.2.8 Verbundstoffe	40		
<b>1.3 Chemische Grundlagen</b>	<b>41</b>	<b>1.8 Verstärkungsstoffe</b>	<b>101</b>
1.3.1 Aufbau der Atome	41	1.8.1 Verbundwerkstoffe	101
1.3.2 Das Periodensystem der Elemente	41	1.8.2 Verstärkungsfasern	102
1.3.3 Aufbau der Moleküle	42	1.8.3 Bauformen der Fasern (Roving)	102
1.3.4 Chemische Formeln	44	1.8.4 Faserhalbzeuge	103
1.3.5 Organische Kohlenwasserstoffe	47	1.8.5 Vorimprägnierte Halbzeuge	103
<b>1.4 Bildung von Makromolekülen</b>	<b>48</b>	<b>1.9 Zuschlag- und Hilfsstoffe</b>	<b>104</b>
1.4.1 Vom Erdöl zum Monomer	52	1.9.1 Anforderungen an Additive	104
1.4.2 Vom Monomer zum Polymer	52	1.9.2 Additive für Thermoplaste und Duromere	104
1.4.3 Makromoleküle	54	1.9.3 Additive für Kautschuke	106
	59		
		<b>1.10 Kunststoffe – Tabellenübersicht</b>	<b>107</b>

<b>2.1 Grundlagen der Prüftechnik</b>	<b>108</b>	<b>2.3 Fertigungshauptgruppen</b>	<b>135</b>
2.1.1 Grundbegriffe	108	2.3.1 Verfahren der Fertigungshauptgruppen	137
2.1.2 Messabweichungen	110		
2.1.3 Toleranzen und Passungen	111	<b>2.4 Berechnungen zur Fertigungs- und Prüftechnik</b>	<b>167</b>
		2.4.1 Berechnungen zur Prüftechnik	167
<b>2.2 Aufbau, Funktion und Anwendung von Prüfmitteln</b>	<b>120</b>	2.4.2 Berechnungen zur Fertigungstechnik	169
2.2.1 Längenprüfmittel	120		
2.2.2 Lehren	128	<b>2.5 Vorschriften des Arbeits- und Gesundheitsschutzes</b>	<b>173</b>
2.2.3 Winkelmessgeräte	129	2.5.1 Sicherheitszeichen	173
2.2.4 Oberflächenprüfmittel	130	2.5.2 Sicherheitsmaßnahmen	174
2.2.5 Farb- und Glanzprüfung	133		
2.2.6 Gewichts-, Dichte- und Feuchtigkeits-Prüfung	134	<b>2.6 Umweltschutzvorschriften</b>	<b>175</b>

<b>3.1 Qualitätsmanagement</b>	<b>176</b>	<b>3.3.3 Deponierung</b>	<b>187</b>
3.1.1 Qualitätsregelkreis	177		
3.1.2 Methoden des Qualitätsmanagements	177	<b>3.4 Werkstoffprüfverfahren der Kunststofftechnik</b>	<b>188</b>
3.1.3 Statistische Verfahren des Qualitätsmanagements	180	3.4.1 Kunststofferkennung	189
		3.4.2 Rieselfähigkeit	193
		3.4.3 Roh- und Schüttdichte	195
<b>3.2 Qualitätssicherungsmaßnahmen</b>	<b>185</b>	3.4.4 Härteprüfung	197
3.2.1 Qualitätssichernde Elemente	185	3.4.5 Feuchteprüfung	199
3.2.2 Lieferantenbewertung	185	3.4.6 Schmelzindex (MFI)	200
3.2.3 Kundenzufriedenheit	185	3.4.7 Zugprüfung, E-Modul	201
3.2.4 Produkthaftung	186	3.4.8 Schlag- und Kerbschlagprüfung	202
<b>3.3 Ökonomischer und ökologischer Kunststofffeinsatz</b>	<b>187</b>	3.4.9 Formbeständigkeit in der Wärme	203
3.3.1 Kunststoffrecycling	187	3.4.10 Infrarotspektroanalyse	204
3.3.2 Verbrennung	187	3.4.11 Spannungsoptik	205
<b>4.1 Systemanalyse</b>	<b>206</b>	<b>4.5 Verbindungseinheiten</b>	<b>227</b>
<b>4.2 Antriebseinheiten</b>	<b>208</b>	4.5.1 Welle-Nabe-Verbindungen	227
4.2.1 Elektromotor	208	4.5.2 Schraubverbindungen	230
4.2.2 Hydromotor	208	4.5.3 Stiftverbindungen	232
4.2.3 Druckluftmotor	209	4.5.4 Nietverbindungen	233
<b>4.3 Übertragungseinheiten</b>	<b>210</b>	<b>4.6 Begriffe und Größen der Elektrotechnik</b>	<b>234</b>
4.3.1 Wellen	210	4.6.1 Grundkenntnisse	234
4.3.2 Achsen	210	4.6.2 Die elektrische Spannung	234
4.3.3 Zapfen	210	4.6.3 Der elektrische Strom	235
4.3.4 Kupplungen	211	4.6.4 Der elektrische Widerstand	236
4.3.5 Riementriebe	212	4.6.5 Das Ohmsche Gesetz	237
4.3.6 Kettentriebe	216	4.6.6 Schaltung von Widerständen	238
4.3.7 Zahnradtriebe	217	4.6.7 Die elektrische Arbeit und Leistung	239
4.3.8 Getriebe	218		
	219	<b>4.7 Eigenschaften und Anwendung von Energieträgern</b>	<b>240</b>
<b>4.4 Stütz- und Trageinheiten</b>	<b>222</b>		
4.4.1 Gehäuse und Gestelle	222	<b>4.8 Gefahren des elektrischen Stromes</b>	<b>240</b>
4.4.2 Lager	223		
4.4.3 Führungen	225		
<b>5.1 Steuerungs- und Regelungsvorgänge</b>	<b>242</b>		
5.1.1 Der automatische Prozess	242		
5.1.2 Grundlagen der Steuerungstechnik	243	<b>5.4.2 Hydraulikflüssigkeiten und Bauteile</b>	<b>268</b>
5.1.3 Grundlagen der Regelungstechnik	245		
5.1.4 Bauelemente von Steuerungen	247	<b>5.5 Elektropneumatische Steuerungen</b>	<b>274</b>
5.1.5 Darstellungsformen von Steuerungen	250	5.5.1 Elektrische Signaleingabeelemente	274
		5.5.2 Relais, Schütze und Magnetventile	275
		5.5.3 Grundschaltungen	276
<b>5.2 Pneumatische Anlagen</b>	<b>253</b>	<b>5.6 Speicherprogrammierte Steuerungen (SPS)</b>	<b>280</b>
5.2.1 Drucklufterzeugung	253	5.6.1 Aufbau einer SPS	280
5.2.2 Ventile	257	5.6.2 Arbeitsweise und Programmierung einer SPS	281
<b>5.3 Steuerungen entwerfen</b>	<b>262</b>	5.6.3 Programmierung einer Verknüpfungs- bzw. Ablaufsteuerung	284
5.3.1 Vor- und Nachteile der Pneumatik	262		
5.3.2 Aufbau von Schaltplänen	262		
5.3.3 Bezeichnung der Bauteile und pneumatische Grundschaltungen	263	<b>5.7 Handhabungseinrichtungen</b>	<b>285</b>
5.3.4 Signalüberschneidungen	265	5.7.1 Einteilung von Handhabungseinrichtungen	285
<b>5.4 Hydraulische Steuerungen</b>	<b>268</b>	5.7.2 Funktionseinheiten und die Programmierung von Industrierobotern	286
5.4.1 Vorteile und Nachteile der Hydraulik	268	5.7.3 Besonderheiten und Schutzvorkehrungen bei Industrierobotern	288

<b>6.1 Vor- und Aufbereitungsmaßnahmen</b>	<b>290</b>	<b>6.2 Nachbehandlungsmaßnahmen</b>	<b>304</b>
6.1.1 Zerkleinern	290	6.2.1 Tempern	304
6.1.2 Mischen	293	6.2.2 Konditionieren	305
6.1.3 Plastifizieren	295	6.2.3 Oberflächenvorbehandlung	305
6.1.4 Granulieren	297	6.2.4 Oberflächenveredlung	308
6.1.5 Trocknung	300		
6.1.6 Lagerung und Transport	302		
<b>7.1 Systemanalyse der Maschine und des Prozesses</b>	<b>313</b>	<b>7.2.4 Werkzeugtemperierung</b>	<b>339</b>
7.1.1 Arbeitsstellungen der Maschine	314	7.2.5 Werkzeugentlüftung	341
7.1.2 Zyklusablauf bei Thermoplastverarbeitung	315	7.2.6 Entformung	342
7.1.3 Verarbeitungsparameter	316	<b>7.3 Fertigungsverfahren</b>	<b>347</b>
7.1.4 Schließeinheit	317	7.3.1 Spritzgießen von Thermoplasten	347
7.1.5 Spritzeinheit	325	7.3.2 Spritzgießen von Elastomeren	353
		7.3.3 Spritzgießen von Duromeren	355
<b>7.2 Aufbau von Spritzgießwerkzeugen</b>	<b>330</b>	7.3.4 Sonderverfahren	357
7.2.1 Angussysteme	331		
7.2.2 Angussformen	332	<b>7.4 Spritzgießfehler</b>	<b>370</b>
7.2.3 Werkzeugarten	336		
<b>8.1 Systemanalyse der Maschine und des Prozesses</b>	<b>374</b>	<b>8.1.4 Fehler und ihre Ursachen beim Verarbeiten von Formmassen</b>	<b>388</b>
8.1.1 Formpressen	374		
8.1.2 Spritzgießen	382	<b>8.2 Pressen und Pressautomaten</b>	<b>389</b>
8.1.3 Presswerkzeuge	384	8.2.1 Nachbearbeiten von Formteilen	391
		8.2.2 Sonderverfahren zur Verarbeitung von Formmassen	392
<b>9.1 Systemanalyse der Maschine und des Prozesses</b>	<b>394</b>	<b>9.2.3 Formentlüftung</b>	<b>411</b>
9.1.1 Plastifiziereinheit	397	9.2.4 Formkühlung	412
9.1.2 Schlauchköpfe	398	9.2.5 Formunterbau	412
9.1.3 Wanddickensteuerung	402	9.2.6 Entformungshilfen	413
9.1.4 Schließeinheit	404	9.2.7 Zusatzeinrichtungen	413
9.1.5 Schlauchtrennvorrichtung	405	<b>9.3 Fertigungsverfahren</b>	<b>414</b>
9.1.6 Blasstation	406	9.3.1 Verfahren mit kontinuierlichem Schlauchaustritt	414
9.1.7 Nachfolgestation	408	9.3.2 Verfahren mit diskontinuierlichem Schlauchaustritt	416
<b>9.2 Aufbau von Blaswerkzeugen</b>	<b>409</b>	9.3.3 Streckblasen und Spritzblasen	418
9.2.1 Werkstoffe	409	9.3.4 Bottlepack-Verfahren	419
9.2.2 Trennkanten	410		
<b>10.1 Allgemeines über Schäume</b>	<b>420</b>	<b>10.3 Schäume aus reaktionsfähigen, flüssigen Ausgangskomponenten</b>	<b>431</b>
<b>10.2 Schäume aus blähfähigen Einzelteilchen</b>	<b>422</b>	10.3.1 PUR-Schaum	431
10.2.1 Expandierfähiges Polystyrol EPS	422	10.3.2 Melaminharzschaumstoff	439
10.2.2 Expandierfähiges Polypropylen EPP	428		

<b>11.1 Systemanalyse der Maschine und des Prozesses</b>	<b>440</b>	<b>11.3.2 Gegenläufiger Doppelschneckenextruder (Gegenläufer)</b>	<b>454</b>
11.1.1 Aufbau einer Extrusionsanlage	441	11.3.3 Planetwalzenextruder	456
11.1.2 Aufgaben des Extruders	441		
11.1.3 Extruderbauarten	442	<b>11.4 Extrusionswerkzeuge</b>	<b>457</b>
<b>11.2 Einschneckenextruder</b>	<b>442</b>	11.4.1 Werkzeuge mit kreisringspaltförmigem Austrittsquerschnitt	457
11.2.1 Extruderschnecken	443	11.4.2 Profilwerkzeuge	461
11.2.2 Plastifizierzylinder	446	11.4.3 Flachfolien- und Plattenwerkzeuge	462
11.2.3 Einfülltrichter, Förder- und Mischgeräte	448	11.4.4 Coextrusionswerkzeuge für Thermoplaste	463
11.2.4 Antriebseinheit	448		
11.2.5 Temperiersystem	448	<b>11.5 Nachfolgeeinrichtungen</b>	<b>464</b>
11.2.6 Glattrohrextruder (Konventioneller Extruder)	448		
11.2.7 Nutbuchsenextruder (Extruder mit genutzter Einzugsbuchse)	450	<b>11.6 Produktionslinien</b>	<b>466</b>
<b>11.3 Doppelschneckenextruder</b>	<b>451</b>	11.6.1 Blasfolienanlagen	466
11.3.1 Gleichläufiger Doppelschneckenextruder (Gleichläufer)	451	11.6.2 Flachfolienanlage	468
<b>12.1 Systemanalyse der Kalanderanlage und des Prozesses</b>	<b>470</b>	12.3.4 Abzugs-, Kühl- und Aufwickeleinrichtung	478
<b>12.2 Kalandrierbare Kunststoffformmassen</b>	<b>471</b>	<b>12.4 Nachbehandlung</b>	<b>478</b>
<b>12.3 Aufbau der Kalanderstraße</b>	<b>471</b>	<b>12.5 Besonderheiten beim Kalandrieren von Kautschuk</b>	<b>479</b>
12.3.1 Materialaufbereitung beim Kalandrieren	472	12.5.1 Kalandrierbare Kautschuke	479
12.3.2 Die Kalandereinheit	473	12.5.2 Besonderheiten der Kalandereinheit	480
12.3.3 Der Kalandriervorgang bei Thermoplasten	474		
<b>13.1 Beschichten mit fließfähigen Materialien</b>	<b>482</b>	<b>13.4 Beschichten aus der Schmelze</b>	<b>492</b>
13.1.1 Trägerstoffe	482		
13.1.2 Beschichtungsmassen	483	<b>13.5 Oberflächenbehandlung beschichteter Trägerbahnen</b>	<b>494</b>
13.1.3 Arbeitsablauf von PVC-Beschichtungsverfahren	484	13.5.1 Prägen	494
13.1.4 Beschichtungsverfahren und -maschinen	486	13.5.2 Überfärben	495
<b>13.2 Das Tauchverfahren und Imprägnieren</b>	<b>488</b>	13.5.3 Lackieren	495
<b>13.3 Kaschieren von Trägerbahnen</b>	<b>489</b>	<b>13.6 Umweltschutzmaßnahmen</b>	<b>495</b>
13.3.1 Hotmelt- Sprüh-Kaschierung	492		
<b>14.1 Mischen und Kneten</b>	<b>496</b>	<b>14.8 Systemanalyse der Konfektionierungsanlage und deren Prozesse</b>	<b>508</b>
<b>14.2 Mischverfahren</b>	<b>497</b>		
<b>14.3 Der Innenmischer</b>	<b>498</b>		
<b>14.4 Das Walzwerk</b>	<b>501</b>	<b>14.9 Verfahrenszyklus</b>	<b>511</b>
<b>14.5 Nachfolgeeinrichtungen</b>	<b>502</b>	14.9.1 Herstellung von Reifenrohlingen	511
<b>14.6 Mischsaalsystem mit zentralem Innenmischer</b>	<b>503</b>	14.9.2 Heizpressen	512
<b>14.7 Herstellung von Platten und gummiierten Festigkeitsträgern</b>	<b>504</b>	<b>14.10 Vulkanisation</b>	<b>515</b>
14.7.1 Gummieren von Geweben	504	14.10.1 Grundkenntnisse zur Vulkanisation	515
14.7.2 Skimmen	505	14.10.2 Vulkanisationsverlauf	516
14.7.3 Belegen von Stahlcord und Geweben	505	14.10.3 Vulkanisationsverfahren	517
14.7.4 Profilieren	505	14.10.4 Kontinuierliches Vulkanisationsverfahren unter Druck	517
14.7.5 Roller-Head-Verfahren (Extrudierverfahren)	506	14.10.5 Kontinuierliches Vulkanisationsverfahren ohne Druck	518
14.7.6 Nachfolgeeinrichtungen	506		

<b>15.1 Umformverfahren</b>	520	<b>15.3 Kleben von Kunststoffen</b>	549
15.1.1 Werkstoffverhalten beim Umformen	521	15.3.1 Technologie des Klebens	549
15.1.2 Umformbereiche	523	15.3.2 Klebstoffe	550
15.1.3 Biegeumformen	525	15.3.3 Gestaltung von Klebeverbindungen	552
15.1.4 Positivformung	527	15.3.4 Vorbehandlung der Klebeflächen	554
15.1.5 Negativformung	528	15.3.5 Der Klebevorgang	555
15.1.6 Druckumformen	529	15.3.6 Vor- und Nachteile von Klebeverbindungen	556
15.1.7 Spezielle Umformverfahren	530		
15.1.8 Umformwerkzeuge	531		
15.1.9 Vor- und Nachbearbeitung der Halbzeuge	532	<b>15.4 Mechanische Verbindungen von Kunststoffen</b>	557
<b>15.2 Schweißen von Kunststoffen</b>	534	15.4.1 Schnappverbindungen	557
15.2.1 Grundlagen des Kunststoffschweißens	534	15.4.2 Schraubverbindungen	558
15.2.2 Heizelementschweißen (Schweißen durch Wärmeleitung)	536	15.4.3 Nietverbindungen	559
15.2.3 Warmgasschweißen (Schweißen durch Konvektion)	538	15.4.4 Steck- und Pressverbindungen	559
15.2.4 Schweißen durch Strahlung	542		
15.2.5 Schweißen durch Reibung	543		
15.2.6 Schweißen durch Induktion	547	<b>15.5 Elemente und Baugruppen des Behälter- und Apparatebaus</b>	560
15.2.7 Anwendung der Schweißverfahren und Schweißsymbole	548	15.5.1 Absperr-, Regel- und Sicherheitsarmaturen	560
		15.5.2 Rohrleitungssysteme und Rohrverbindungen	561
<b>16.1 Werkstoffkomponenten für Faserverbundwerkstoffe</b>	562	<b>16.9 Formgebungsverfahren</b>	569
<b>16.2 Duroplastische Matrixharze</b>	563	16.9.1 Handlaminierverfahren	569
<b>16.3 Reaktionsmittel</b>	564	16.9.2 Vakuumsackverfahren	571
<b>16.4 Härtung von Reaktionsharzen</b>	564	16.9.3 Faserharzspritzen	571
<b>16.5 Thermoplastische Matrices</b>	564	16.9.4 Wickelverfahren	572
<b>16.6 Verstärkungsmaterialien</b>	565	16.9.5 Harzinjektionsverfahren	574
16.6.1 Ausführungsformen der Verstärkungsmaterialien	566	16.9.6 Pressen	575
16.6.2 Stützkernwerkstoffe und Sandwichmaterialien	568	16.9.7 Schleudern	575
<b>16.7 Additive</b>	568	16.9.8 Pultrusion	576
<b>16.8 Vor- und Zwischenprodukte</b>	568	16.9.9 Autoklav-Verfahren	577
<b>17.1 Auskleidewerkstoffe</b>	582	<b>16.10 Nachbearbeitung</b>	577
<b>18.1 Fenstersysteme und ihre Elemente</b>	590	<b>16.11 Bauteilgestaltung</b>	577
18.1.1 Glas- und Scheibenarten	590	16.11.1 Leichtbauprinzipien	578
18.1.2 Profil- und Konstruktionsarten	596	16.11.2 Werkstoffgerechte Bauteilgestaltung	578
18.1.3 Aufbau und Maßbezeichnungen von Fenstern	599	16.11.3 Verfahrensgerechte Gestaltung	579
18.1.4 Fensterbeschläge	601	<b>16.12 Fügen von Bauteilen</b>	580
<b>17.2 Auskleidetechniken</b>	585		
<b>18.3 Montage und Befestigung von Fenstersystemen</b>	612		
18.3.1 Arbeitsplan für die Montage eines unverglasten Drehkipp-Fensters	614		
18.3.2 Grundlagen der Bauphysik	615		
<b>18.4 Reparatur und Wartung von Fenstersystemen</b>	619		
18.4.1 Beseitigung von Oberflächenschäden	619		
18.4.2 Wartung der Fenster	619		
	609		