

1. 1 Physikalische Grundlagen	10	1.5 Einteilung der Kunststoffe	65
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	1.6 Wärmeverhalten von Kunststoffen	67
1.1.4 Zeit und Geschwindigkeit	15	1.6.1 Wärmeverhalten von amorphen Thermoplasten	67
1.1.5 Weitere wichtige physikalische Größen	17	1.6.2 Wärmeverhalten von teilkristallinen Thermoplasten	68
1.1.6 Aggregatzustand, Adhäsion, Kohäsion und Kapillarwirkung	20	1.6.3 Wärmeverhalten von Duromeren	69
1.1.7 Gemenge	22	1.6.4 Wärmeverhalten von Elastomeren	69
1.1.8 Kräfte und ihre Wirkungen	24	1.7 Kunststoffe – Eigenschaften und Anwendung	71
1.2 Werkstofftechnik	26	1.7.1 Thermoplaste	71
1.2.1 Einteilung der Werkstoffe	26	1.7.2 Polymerblends	85
1.2.2 Eigenschaften der Werkstoffe	28	1.7.3 Elastomere	87
1.2.3 Einteilung der Eisen-Werkstoffe	31	1.7.4 Thermoplastische Elastomere	92
1.2.4 Handelsformen der Stähle	35	1.7.5 Duomere	95
1.2.5 Wärmebehandlung bei Stählen	36	1.8 Verstärkungsstoffe	101
1.2.6 Normung der Eisen-Werkstoffe	37	1.8.1 Verbundwerkstoffe	101
1.2.7 Nichteisenmetalle	39	1.8.2 Verstärkungsfasern	102
1.2.8 Verbundstoffe	40	1.8.3 Bauformen der Fasern (Roving)	102
1.3 Chemische Grundlagen	41	1.8.4 Faserhalbzeuge	103
1.3.1 Aufbau der Atome	41	1.8.5 Vorimprägnierte Halbzeuge	103
1.3.2 Das Periodensystem der Elemente	42	1.9 Zuschlag- und Hilfsstoffe	104
1.3.3 Aufbau der Moleküle	44	1.9.1 Anforderungen an Additive	104
1.3.4 Chemische Formeln	47	1.9.2 Additive für Thermoplaste und Duomere	104
1.3.5 Organische Kohlenwasserstoffe	48	1.9.3 Additive für Kautschuke	106
1.4 Bildung von Makromolekülen	52	1.10 Kunststoffe – Tabellenübersicht	107
1.4.1 Vom Erdöl zum Monomer	52		
1.4.2 Vom Monomer zum Polymer	54		
1.4.3 Makromoleküle	59		
2.1 Grundlagen der Prüftechnik	108	2.3 Fertigungshauptgruppen	135
2.1.1 Grundbegriffe	108	2.3.1 Verfahren der Fertigungshauptgruppen	137
2.1.2 Messabweichungen	110	2.4 Berechnungen zur Fertigungs- und Prüftechnik	167
2.1.3 Toleranzen und Passungen	111	2.4.1 Berechnungen zur Prüftechnik	167
2.2 Aufbau, Funktion und Anwendung von Prüfmitteln	120	2.4.2 Berechnungen zur Fertigungstechnik	169
2.2.1 Längenprüfmittel	120	2.5 Vorschriften des Arbeits- und Gesundheitsschutzes	173
2.2.2 Lehren	128	2.5.1 Sicherheitszeichen	173
2.2.3 Winkelmessgeräte	129	2.5.2 Sicherheitsmaßnahmen	174
2.2.4 Oberflächenprüfmittel	130	2.6 Umweltschutzvorschriften	175
2.2.5 Farb- und Glanzprüfung	133		
2.2.6 Gewichts-, Dichte- und Feuchtigkeits-Prüfung	134		

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

6.1 Vor- und Aufbereitungsmaßnahmen	290	6.2 Nachbehandlungsmaßnahmen	304
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		
7.1 Systemanalyse der Maschine und des Prozesses	313	7.2.4 Werkzeugtemperierung	339
7.1.1 Arbeitsstellungen der Maschine	314	7.2.5 Werkzeuggentlüftung	341
7.1.2 Zyklusablauf bei Thermoplastverarbeitung	315	7.2.6 Entformung	342
7.1.3 Verarbeitungsparameter	316	7.3 Fertigungsverfahren	347
7.1.4 Schließereinheit	317	7.3.1 Spritzgießen von Thermoplasten	347
7.1.5 Spritzeinheit	325	7.3.2 Spritzgießen von Elastomeren	353
7.2 Aufbau von Spritzgießwerkzeugen	330	7.3.3 Spritzgießen von Duromeren	355
7.2.1 Angussysteme	331	7.3.4 Sonderverfahren	357
7.2.2 Angussformen	332	7.4 Spritzgießfehler	370
7.2.3 Werkzeugarten	336		
8.1 Systemanalyse der Maschine und des Prozesses	374	8.1.4 Fehler und ihre Ursachen beim Verarbeiten von Formmassen	388
8.1.1 Formpressen	374	8.2 Pressen und Pressautomaten	389
8.1.2 Spritzgießen	382	8.2.1 Nachbearbeiten von Formteilen	391
8.1.3 Presswerkzeuge	384	8.2.2 Sonderverfahren zur Verarbeitung von Formmassen	392
9.1 Systemanalyse der Maschine und des Prozesses	394	9.2.3 Formentlüftung	411
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 Schließereinheit	404	9.2.7 Zusatzeinrichtungen	413
9.1.5 Schlauchtrennvorrichtung	405	9.3 Fertigungsverfahren	414
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
9.2 Aufbau von Blaswerkzeugen	409	9.3.3 Streckblasen und Spritzblasen	418
9.2.1 Werkstoffe	409	9.3.4 Bottlepack-Verfahren	419
9.2.2 Trennkanten	410		
10.1 Allgemeines über Schäume	420	10.3 Schäume aus reaktionsfähigen, flüssigen Ausgangskomponenten	431
10.2 Schäume aus blähfähigen Einzelteilchen	422	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		

11.1 Systemanalyse der Maschine und des Prozesses	440	11.3.2 Gegenläufiger Doppelschneckenextruder (Gegenläufer)	454
11.1.1 Aufbau einer Extrusionsanlage	441	11.3.3 Planetwalzenextruder	456
11.1.2 Aufgaben des Extruders	441	11.4 Extrusionswerkzeuge	457
11.1.3 Extruderbauarten	442	11.4.1 Werkzeuge mit kreisringspaltförmigem Austrittsquerschnitt	457
11.2 Einschneckenextruder	442	11.4.2 Profilwerkzeuge	461
11.2.1 Extruderschnecken	443	11.4.3 Flachfolien- und Plattenwerkzeuge	462
11.2.2 Plastifizierzylinder	446	11.4.4 Coextrusionswerkzeuge für Thermoplaste	463
11.2.3 Einfülltrichter, Förder- und Mischgeräte	448	11.5 Nachfolgeeinrichtungen	464
11.2.4 Antriebseinheit	448	11.6 Produktionslinien	466
11.2.5 Temperiersystem	448	11.6.1 Blasfolienanlagen	466
11.2.6 Glattrohretruder (Konventioneller Extruder)	448	11.6.2 Flachfolienanlage	468
11.2.7 Nutbuchsentruder (Extruder mit genuteter Einzugsbuche)	450	11.7 Fehler an Extrudaten	469
11.3 Doppelschneckenextruder	451		
11.3.1 Gleichläufiger Doppelschneckenextruder (Gleichläufer)	451		
12.1 Systemanalyse der Kalandieranlage und des Prozesses	470	12.3.4 Abzugs-, Kühl- und Aufwickleinrichtung	478
12.2 Kalandrierbare Kunststoffformmassen	471	12.4 Nachbehandlung	478
12.3 Aufbau der Kalandersstraße	471	12.5 Besonderheiten beim Kalandrieren von Kautschuk	479
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		
13.1 Beschichten mit fließfähigen Materialien	482	13.4 Beschichten aus der Schmelze	492
13.1.1 Trägerstoffe	482	13.5 Oberflächenbehandlung beschichteter Trägerbahnen	494
13.1.2 Beschichtungsmassen	483	13.5.1 Prägen	494
13.1.3 Arbeitsablauf von PVC-Beschichtungsverfahren	484	13.5.2 Überfärben	495
13.1.4 Beschichtungsverfahren und -maschinen	486	13.5.3 Lackieren	495
13.2 Das Tauchverfahren und Imprägnieren	488	13.6 Umweltschutzmaßnahmen	495
13.3 Kaschieren von Trägerbahnen	489		
13.3.1 Hotmelt- Sprüh-Kaschierung	492		
14.1 Mischen und Kneten	496	14.8 Systemanalyse der Konfektionierungsanlage und deren Prozesse	508
14.2 Mischverfahren	497	14.9 Verfahrenszyklus	511
14.3 Der Innenmischer	498	14.9.1 Herstellung von Reifenrohlingen	511
14.4 Das Walzwerk	501	14.9.2 Heizpressen	512
14.5 Nachfolgeeinrichtungen	502	14.10 Vulkanisation	515
14.6 Mischsaalsystem mit zentralem Innenmischer	503	14.10.1 Grundkenntnisse zur Vulkanisation	515
14.7 Herstellung von Platten und gummierten Festigkeitsträgern	504	14.10.2 Vulkanisationsverlauf	516
14.7.1 Gummieren von Geweben	504	14.10.3 Vulkanisationsverfahren	517
14.7.2 Skimmen	505	14.10.4 Kontinuierliches Vulkanisationsverfahren unter Druck	517
14.7.3 Belegen von Stahlcord und Geweben	505	14.10.5 Kontinuierliches Vulkanisationsverfahren ohne Druck	518
14.7.4 Profilieren	505		
14.7.5 Roller-Head-Verfahren (Extrudierverfahren)	506		
14.7.6 Nachfolgeeinrichtungen	506		

15.1 Umformverfahren	520	15.3 Kleben von Kunststoffen	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	15.4 Mechanische Verbindungen von Kunststoffen	557
15.1.9 Vor- und Nachbearbeitung der Halbzeuge	532	15.4.1 Schnappverbindungen	557
15.2 Schweißen von Kunststoffen	534	15.4.2 Schraubverbindungen	558
15.2.1 Grundlagen des Kunststoffschweißens	534	15.4.3 Nietverbindungen	559
15.2.2 Heizelementschweißen (Schweißen durch Wärmeleitung)	536	15.4.4 Steck- und Pressverbindungen	559
15.2.3 Warmgasschweißen (Schweißen durch Konvektion)	538	15.5 Elemente und Baugruppen des Behälter- und Apparatebaus	560
15.2.4 Schweißen durch Strahlung	542	15.5.1 Absperr-, Regel- und Sicherheitsarmaturen	560
15.2.5 Schweißen durch Reibung	543	15.5.2 Rohrleitungssysteme und Rohrverbindungen	561
15.2.6 Schweißen durch Induktion	547		
15.2.7 Anwendung der Schweißverfahren und Schweißsymbole	548		
16.1 Werkstoffkomponenten für Faserverbundwerkstoffe	562	16.9 Formgebungsverfahren	569
16.2 Duroplastische Matrixharze	563	16.9.1 Handlaminierverfahren	569
16.3 Reaktionsmittel	564	16.9.2 Vakuumsackverfahren	571
16.4 Härtung von Reaktionsharzen	564	16.9.3 Faserharzspritzen	571
16.5 Thermoplastische Matrices	564	16.9.4 Wickelverfahren	572
16.6 Verstärkungsmaterialien	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
16.7 Additive	568	16.9.8 Pultrusion	576
16.8 Vor- und Zwischenprodukte	568	16.9.9 Autoklav-Verfahren	577
17.1 Auskleidewerkstoffe	582	16.10 Nachbearbeitung	577
18.1 Fenstersysteme und ihre Elemente	590	16.11 Bauteilgestaltung	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	16.12 Fügen von Bauteilen	580
18.2 Herstellung von Fensterrahmen	603	17.2 Auskleidetechniken	585
18.2.1 Profilschnitt und -bearbeitung	605	18.3 Montage und Befestigung von Fenstersystemen	612
18.2.2 Verbinden der Profilschnitte	607	18.3.1 Arbeitsplan für die Montage eines unverglasten Drehkip-Fensters	614
18.2.3 Klotzung und Dichtung der Scheibe	609	18.3.2 Grundlagen der Bauphysik	615
		18.4 Reparatur und Wartung von Fenstersystemen	619
		18.4.1 Beseitigung von Oberflächenschäden	619
		18.4.2 Wartung der Fenster	619