

1.1	Physikalische Grundlagen	10	1.5.1	Einteilung nach der Bildungsreaktion	66
1.1.1	Grundbegriffe	10	1.5.2	Einteilung nach dem thermischen Verhalten	66
1.1.2	Masse und Gewichtskraft	11	1.6	Wärmeverhalten von Kunststoffen	68
1.1.3	Länge, Fläche, Volumen und Dichte	13	1.6.1	Wärmeverhalten von amorphen Thermoplasten	68
1.1.4	Zeit und Geschwindigkeit	15	1.6.2	Wärmeverhalten von teilkristallinen Thermoplasten	69
1.1.5	Weitere wichtige physikalische Größen	17	1.6.3	Wärmeverhalten von Duroplasten	70
1.1.6	Aggregatzustand, Adhäsion, Kohäsion und Kapillarwirkung	20	1.6.4	Wärmeverhalten von Elastomeren	70
1.1.7	Gemenge	22	1.7	Kunststoffe – Eigenschaften und Anwendungen	72
1.1.8	Kräfte und ihre Wirkungen	24	1.7.1	Thermoplaste	72
1.2	Werkstofftechnik	26	1.7.2	Polymerblends	86
1.2.1	Einteilung der Werkstoffe	26	1.7.3	Elastomere	88
1.2.2	Eigenschaften der Werkstoffe	28	1.7.4	Thermoplastische Elastomere	94
1.2.3	Einteilung der Eisen-Werkstoffe	32	1.7.5	Duroplaste	97
1.2.4	Handelsformen der Stähle	36	1.7.6	Biokunststoffe	104
1.2.5	Wärmebehandlung von Stählen	37	1.8	Verstärkungsstoffe	108
1.2.6	Normung der Eisen-Werkstoffe	38	1.8.1	Verbundwerkstoffe	108
1.2.7	Nichteisenmetalle	40	1.8.2	Verstärkungsfasern	109
1.2.8	Verbundstoffe	41	1.8.3	Bauformen der Fasern (Roving)	109
1.3	Chemische Grundlagen	42	1.8.4	Faserhalbzeuge	110
1.3.1	Aufbau der Atome	42	1.8.5	Vorimprägnierte Halbzeuge	110
1.3.2	Das Periodensystem der Elemente	43	1.9	Zuschlag- und Hilfsstoffe	111
1.3.3	Aufbau der Moleküle	45	1.9.1	Anforderungen an Additive	111
1.3.4	Chemische Formeln	48	1.9.2	Additive für Thermoplaste und Duroplaste	111
1.3.5	Organische Kohlenwasserstoffe	49	1.9.3	Additive für Kautschuke	113
1.4	Bildung von Makromolekülen	53	2.2.4	Oberflächenprüfmittel	142
1.4.1	Vom Erdöl zum Monomer	53	2.2.5	Farb- und Glanzprüfung	145
1.4.2	Vom Monomer zum Polymer	55	2.2.6	Gewichts-, Dichte- und Feuchtigkeitsprüfung	146
1.4.3	Makromoleküle	60	2.3	Fertigungshauptgruppen	147
1.5	Einteilung der Kunststoffe	66	2.3.1	Verfahren der Fertigungshauptgruppen	149
2.1	Grundlagen der Prüftechnik	114	2.4	Vorschriften des Arbeits- und Gesundheitsschutzes	185
2.1.1	Grundbegriffe	114	2.4.1	Sicherheitszeichen EN ISO 7010:2012-10	185
2.1.2	Messmittelgenauigkeit	117	2.4.2	Sicherheitsmaßnahmen	186
2.1.3	Messabweichungen	118	2.5	Umweltschutzvorschriften	187
2.1.4	Toleranzen und Passungen	119	2.6	Industrie 4.0	188
2.1.5	Form- und Lagetoleranzen	125	3.1	Qualitätsmanagement	190
2.1.6	Toleranzen für Kunststoff-Formteile	127	3.1.1	Qualitätsregelkreis	191
2.2	Aufbau, Funktion und Anwendung von Prüfmitteln	130	3.1.2	Methoden des Qualitätsmanagements	191
2.2.1	Längenprüfmittel	130	3.1.3	Statistische Verfahren des Qualitätsmanagements	194
2.2.2	Lehren	140	3.2	Qualitätssicherungsmaßnahmen	199
2.2.3	Winkelprüfgeräte	141	3.2.1	Qualitätssichernde Elemente	199
3.1	Qualitätsmanagement	190	3.2.2	Lieferantenbewertung	199
3.1.1	Qualitätsregelkreis	191	3.2.3	Kundenzufriedenheit	199
3.1.2	Methoden des Qualitätsmanagements	191	3.2.4	Produkthaftung	200
3.1.3	Statistische Verfahren des Qualitätsmanagements	194	3.3	Recycling	201
3.2	Qualitätssicherungsmaßnahmen	199	3.3.1	Werkstoffliches Recycling	202
3.2.1	Qualitätssichernde Elemente	199	3.3.2	Rohstoffliches Recycling	204
3.2.2	Lieferantenbewertung	199	3.3.3	Energetisches Recycling	205
3.2.3	Kundenzufriedenheit	199	3.3.4	Biologisches Recycling	206
3.2.4	Produkthaftung	200	3.4	Werkstoffprüfverfahren der Kunststofftechnik	208
1.5.1	Einteilung nach der Bildungsreaktion	66	3.4.1	Kunststofferkennung	209
1.5.2	Einteilung nach dem thermischen Verhalten	66	3.4.2	Rieselfähigkeit	213
1.6	Wärmeverhalten von Kunststoffen	68	3.4.3	Roh- und Schüttdichte	215
1.6.1	Wärmeverhalten von amorphen Thermoplasten	68	3.4.4	Härteprüfungen	217
1.6.2	Wärmeverhalten von teilkristallinen Thermoplasten	69			
1.6.3	Wärmeverhalten von Duroplasten	70			
1.6.4	Wärmeverhalten von Elastomeren	70			
1.7	Kunststoffe – Eigenschaften und Anwendungen	72			
1.7.1	Thermoplaste	72			
1.7.2	Polymerblends	86			
1.7.3	Elastomere	88			
1.7.4	Thermoplastische Elastomere	94			
1.7.5	Duroplaste	97			
1.7.6	Biokunststoffe	104			
1.8	Verstärkungsstoffe	108			
1.8.1	Verbundwerkstoffe	108			
1.8.2	Verstärkungsfasern	109			
1.8.3	Bauformen der Fasern (Roving)	109			
1.8.4	Faserhalbzeuge	110			
1.8.5	Vorimprägnierte Halbzeuge	110			
1.9	Zuschlag- und Hilfsstoffe	111			
1.9.1	Anforderungen an Additive	111			
1.9.2	Additive für Thermoplaste und Duroplaste	111			
1.9.3	Additive für Kautschuke	113			
2.2.4	Oberflächenprüfmittel	142			
2.2.5	Farb- und Glanzprüfung	145			
2.2.6	Gewichts-, Dichte- und Feuchtigkeitsprüfung	146			
2.3	Fertigungshauptgruppen	147			
2.3.1	Verfahren der Fertigungshauptgruppen	149			
2.4	Vorschriften des Arbeits- und Gesundheitsschutzes	185			
2.4.1	Sicherheitszeichen EN ISO 7010:2012-10	185			
2.4.2	Sicherheitsmaßnahmen	186			
2.5	Umweltschutzvorschriften	187			
2.6	Industrie 4.0	188			
3.1	Qualitätsmanagement	190			
3.1.1	Qualitätsregelkreis	191			
3.1.2	Methoden des Qualitätsmanagements	191			
3.1.3	Statistische Verfahren des Qualitätsmanagements	194			
3.2	Qualitätssicherungsmaßnahmen	199			
3.2.1	Qualitätssichernde Elemente	199			
3.2.2	Lieferantenbewertung	199			
3.2.3	Kundenzufriedenheit	199			
3.2.4	Produkthaftung	200			
3.3	Recycling	201			
3.3.1	Werkstoffliches Recycling	202			
3.3.2	Rohstoffliches Recycling	204			
3.3.3	Energetisches Recycling	205			
3.3.4	Biologisches Recycling	206			
3.4	Werkstoffprüfverfahren der Kunststofftechnik	208			
3.4.1	Kunststofferkennung	209			
3.4.2	Rieselfähigkeit	213			
3.4.3	Roh- und Schüttdichte	215			
3.4.4	Härteprüfungen	217			

3.4.5	Feuchteprüfung	219	3.4.8	Schlag- und Kerbschlagprüfung	222
3.4.6	Schmelzindex (MFR)/(MVR) nach DIN EN ISO 1133:2022-10	220	3.4.9	Formbeständigkeit in der Wärme	223
3.4.7	Zugprüfung, E-Modul	221	3.4.10	Infrarotspektralanalyse	224
			3.4.11	Spannungsoptik	225
4.1	Systemanalyse	226	4.5.2	Schraubverbindungen	250
4.2	Antriebseinheiten	228	4.5.3	Stiftverbindungen	252
4.2.1	Elektromotor	228	4.5.4	Nietverbindungen	253
4.2.2	Hydromotor	229	4.6	Elektrotechnische Grundlagen	254
4.2.3	Druckluftmotor	229	4.6.1	Elektrische Leitfähigkeit von Metallen	254
4.3	Übertragungseinheiten	230	4.6.2	Elektrische Spannung	254
4.3.1	Wellen	230	4.6.3	Elektrischer Strom	255
4.3.2	Achsen	230	4.6.4	Elektrischer Widerstand	256
4.3.3	Zapfen	231	4.6.5	Ohm'sches Gesetz	258
4.3.4	Kupplungen	232	4.6.6	Temperaturabhängigkeit des Widerstandes	258
4.3.5	Kugelgewindetrieb	235	4.6.7	Widerstände in Stromkreisen – Einzel-, Reihen- und Parallelschaltung	259
4.3.6	Riementriebe	236	4.6.8	Elektrische Leistung und Arbeit	260
4.3.7	Kettentriebe	237	4.6.9	Elektrische Energie	260
4.3.8	Zahnradtriebe	238	4.7	Gefahren des elektrischen Stroms	261
4.3.9	Getriebe	239	4.8	Instandhaltung	262
4.4	Stütz- und Trageinheiten	242	4.8.1	Wartung	263
4.4.1	Gehäuse und Gestelle	242	4.8.2	Inspektion	265
4.4.2	Lager	243	4.8.3	Instandhaltungsstrategien	265
4.4.3	Führungen	245			
4.5	Verbindungseinheiten	247			
4.5.1	Welle-Nabe-Verbindungen	247			
5.1	Steuerungs- und Regelungsvorgänge	268	5.5	Elektropneumatische Steuerungen	302
5.1.1	Der automatische Prozess	268	5.5.1	Elektrische Signaleingabeelemente	302
5.1.2	Grundlagen der Steuerungstechnik	269	5.5.2	Relais, Schütze und Magnetventile	303
5.1.3	Grundlagen der Regelungstechnik	271	5.5.3	Grundsaltungen	304
5.1.4	Bauelemente von Steuerungen	273	5.6	Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS)	308
5.1.5	Darstellungsformen von Steuerungen	278	5.6.1	Aufbau einer SPS	308
5.2	Pneumatische Anlagen	281	5.6.2	Arbeitsweise und Programmierung einer SPS	309
5.2.1	Drucklufterzeugung	281	5.6.3	Programmieren einer Verknüpfungs- bzw. Ablaufsteuerung	312
5.2.2	Ventile	285	5.7	Handhabungseinrichtungen	313
5.3	Steuerungen entwerfen	290	5.7.1	Einteilung von Handhabungseinrichtungen	313
5.3.1	Gegenüberstellung der Vorteile und Nachteile der Pneumatik	290	5.7.2	Funktionseinheiten und die Programmierung von Industrierobotern	314
5.3.2	Aufbau von Schaltplänen	290	5.7.3	Besonderheiten und Schutzvorkehrungen bei Industrierobotern	316
5.3.3	Bezeichnung der Bauteile und pneumatische Grundsaltungen	291			
5.3.4	Signalüberschneidungen	293			
5.4	Hydraulische Steuerungen	296			
5.4.1	Gegenüberstellung der Vorteile und Nachteile der Hydraulik	296			
5.4.2	Hydraulikflüssigkeiten und Bauteile	296			
6.1	Vor- und Aufbereitungsmaßnahmen	318	6.1.7	Trocknung	330
6.1.1	Zerkleinern	318	6.1.8	Lagerung und Transport	332
6.1.2	Mischen	321	6.2	Nachbehandlungsmaßnahmen	334
6.1.3	Plastifizieren	323	6.2.1	Tempern	334
6.1.4	Granulieren	325	6.2.2	Konditionieren	335
6.1.5	Masterbatch	328	6.2.3	Oberflächenvorbehandlung	335
6.1.6	Compoundierung	329	6.2.4	Oberflächenveredelung	338

7.1	Systemanalyse der Maschine und des Prozesses	343	7.2.3	Werkzeugarten	370
7.1.1	Arbeitsstellungen der Maschine	344	7.2.4	Werkzeugtemperierung	373
7.1.2	Zyklusablauf bei der Thermoplastverarbeitung	345	7.2.5	Werkzeugentlüftung	375
7.1.3	Verarbeitungsparameter	346	7.2.6	Entformung	376
7.1.4	Schließenheit	347	7.3	Fertigungsverfahren	381
7.1.5	Spritzeinheit	358	7.3.1	Spritzgießen von Thermoplasten	381
7.2	Aufbau von Spritzgießwerkzeugen	364	7.3.2	Spritzgießen von Elastomeren	387
7.2.1	Angussysteme	365	7.3.3	Spritzgießen von Duroplasten (Duromeren)	389
7.2.2	Angussformen	366	7.3.4	Sonderverfahren	391
			7.4	Spritzgießfehler	406
8.1	Systemanalyse der Maschine und des Prozesses	410	8.2	Pressen und Pressautomaten	425
8.1.1	Formpressen	410	8.2.1	Nachbearbeiten von Formteilen	427
8.1.2	Spritzpressen	418	8.2.2	Sonderverfahren zur Verarbeitung von Formmassen	428
8.1.3	Presswerkzeuge	420			
8.1.4	Fehler und ihre Ursachen beim Verarbeiten von Formmassen	424			
9.1	Systemanalyse der Maschine und des Prozesses	432	9.2.3	Formentlüftung	449
9.1.1	Plastifiziereinheit	435	9.2.4	Formkühlung	450
9.1.2	Schlauchköpfe	436	9.2.5	Formunterbau	450
9.1.3	Wanddickensteuerung	440	9.2.6	Entformungshilfen	451
9.1.4	Schließenheit	442	9.2.7	Zusatzeinrichtungen	451
9.1.5	Schlauchtrennvorrichtung	443	9.3	Fertigungsverfahren	452
9.1.6	Blasstation	444	9.3.1	Verfahren mit kontinuierlichem Schlauchaustritt	452
9.1.7	Nachfolgestationen	446	9.3.2	Verfahren mit diskontinuierlichem Schlauchaustritt	454
9.2	Aufbau von Blaswerkzeugen	447	9.3.3	Streckblasen und Spritzblasen	456
9.2.1	Werkstoffe	447	9.3.4	Bottlepack-Verfahren	457
9.2.2	Trennkanten	448			
10.1	Systemanalyse der Maschine und des Prozesses	458	10.4	Werkzeuge für das Rotationsformen	462
10.2	Formmassen für das Rotationsformen	459	10.4.1	Konstruktionskriterien	462
10.3	Aufbau der Rotationsanlage	460	10.5	Verfahrensablauf beim Rotationsformen	464
10.3.1	Bauarten von Rotationsanlagen	460	10.6	Verfahrensablauf beim Rotationsformen	465
10.3.2	Beheizung der Werkzeuge	461			
10.3.3	Kühlung der Werkzeuge	461			
11.1	Allgemeines über Schäume	466	11.3	Schäume aus reaktionsfähigen flüssigen Ausgangskomponenten	477
11.2	Schäume aus blähfähigen Einzelteilen	468	11.3.1	PUR-Schaum	477
11.2.1	Expandierfähiges Polystyrol EPS	468	11.3.2	Melaminharzschaumstoff	485
11.2.2	Expandierfähiges Polypropylen EPP	474			
12.1	Systemanalyse der Maschine und des Prozesses	486	12.2	Einschneckenextruder	488
12.1.1	Aufbau einer Extrusionsanlage	487	12.2.1	Extruderschnecken	489
12.1.2	Aufgaben des Extruders	487	12.2.2	Plastifizierzylinder	492
12.1.3	Extruderbauarten	488	12.2.3	Einfülltrichter, Förder- und Mischgeräte	496
			12.2.4	Antriebseinheit	496

12.2.5	Temperiersystem	496	12.4	Extrusionswerkzeuge	505
12.2.6	Glattrohreextruder (konventioneller Extruder)	496	12.4.1	Werkzeuge mit kreisringspaltförmigem Austrittsquerschnitt	505
12.2.7	Nutbuchsensextruder (Extruder mit genuteter Einzugsbuchse)	498	12.4.2	Profilwerkzeuge Profile	509
12.3	Doppelschneckenextruder	499	12.4.3	Flachfolien- und Plattenwerkzeuge	510
12.3.1	Gleichläufiger Doppelschneckenextruder (Gleichläufer)	499	12.4.4	Coextrusionswerkzeuge für Thermoplaste	511
12.3.2	Gegenläufiger Doppelschneckenextruder (Gegenläufer)	502	12.5	Nachfolgeeinrichtungen	512
12.3.3	Planetwalzenextruder	504	12.6	Produktionslinien	514
			12.6.1	Blasfolienanlagen	514
			12.6.2	Flachfolienanlage	517
			12.7	Fehler an Extrudaten	519
13.1	Systemanalyse der Kalandieranlage und des Prozesses	520	13.3.4	Abzugs-, Kühl- und Aufwickleinrichtung	528
13.2	Kalandrierbare Kunststoffformmassen	521	13.4	Nachbehandlung	528
13.3	Aufbau der Kalanderstraße	521	13.5	Besonderheiten beim Kalandrieren von Kautschuk	529
13.3.1	Materialaufbereitung beim Kalandrieren	522	13.5.1	Kalandrierbare Kautschuke	529
13.3.2	Die Kalandereinheit	523	13.5.2	Besonderheiten der Kalandereinheit	530
13.3.3	Der Kalandriervorgang bei Thermoplasten	524			
14.1	Beschichten mit fließfähigen Materialien	532	14.4	Beschichten aus der Schmelze	542
14.1.1	Trägerstoffe	532	14.5	Oberflächenbehandlung beschichteter Trägerbahnen	544
14.1.2	Beschichtungsmassen	533	14.5.1	Prägen	544
14.1.3	Arbeitsablauf von PVC-Beschichtungsverfahren	534	14.5.2	Überfärben	545
14.1.4	Beschichtungsverfahren und -maschinen	536	14.5.3	Lackieren	545
14.2	Das Tauchverfahren und Imprägnieren	538	14.6	Umweltschutzmaßnahmen	545
14.3	Kaschieren von Trägerbahnen	539			
14.3.1	Hotmelt-Kaschierung	542			
15.1	Mischen und Kneten	546	15.7.6	Nachfolgeeinrichtungen	556
15.2	Mischverfahren	547	15.8	Herstellung von Reifen	558
15.3	Der Innenmischer	548	15.8.1	Reifenherstellung mit der „Single-Stage“-Reifenaufbaumaschine	561
15.4	Das Walzwerk	551	15.8.2	Reifenheizpressen	562
15.5	Nachfolgeeinrichtungen	552	15.9	Herstellung von Keilriemen	566
15.6	Mischsaalsystem mit zentralem Innenmischer	553	15.10	Herstellung von Fördergurten	569
15.7	Herstellung von Platten und gummierten Festigkeitsträgern	554	15.11	Vulkanisation	571
15.7.1	Gummieren von Gewebe	554	15.11.1	Grundlagen der Vulkanisation	571
15.7.2	Skimmen	555	15.11.2	Vulkanisationsverlauf	572
15.7.3	Belegen von Stahlkord und Geweben	555	15.11.3	Vulkanisationsverfahren	573
15.7.4	Profilieren	555	15.11.4	Kontinuierliches Vulkanisationsverfahren unter Druck	573
15.7.5	Roller-Head-Verfahren (Extrudierverfahren)	556	15.11.5	Kontinuierliches Vulkanisationsverfahren ohne Druck	574
16.1	Umformverfahren	576	16.1.2	Umformbereiche	579
16.1.1	Werkstoffverhalten beim Umformen	577	16.1.3	Biegeumformen	581

16.1.4	Positivformung	583	16.3.1	Technologie des Klebens	605
16.1.5	Negativformung	584	16.3.2	Klebstoffe	606
16.1.6	Druckumformen	585	16.3.3	Gestaltung von Klebeverbindungen	608
16.1.7	Spezielle Umformverfahren	586	16.3.4	Vorbehandlung der Klebeflächen	610
16.1.8	Umformwerkzeuge	587	16.3.5	Der Klebevorgang	611
16.1.9	Vor- und Nachbearbeitung der Halbezeuge	588	16.3.6	Vor- und Nachteile von Klebeverbindungen	612
16.2	Schweißen von Kunststoffen	590	16.4	Mechanische Verbindungen von Kunststoffen	613
16.2.1	Grundlagen des Kunststoffschweißens	590	16.4.1	Schnappverbindungen	613
16.2.2	Heizelementschweißen – Schweißen durch Wärmeleitung	592	16.4.2	Schraubverbindungen	614
16.2.3	Warmgasschweißen – Schweißen durch Konvektion	594	16.4.3	Nietverbindungen	615
16.2.4	Schweißen durch Strahlung	598	16.4.4	Steck- und Pressverbindungen	615
16.2.5	Schweißen durch Reibung	599	16.5	Elemente und Baugruppen des Behälter- und Apparatebaus	616
16.2.6	Schweißen durch Induktion	603	16.5.1	Absperr-, Regel- und Sicherheitsarmaturen	616
16.2.7	Anwendung der Schweißverfahren und Schweißsymbole	604	16.5.2	Rohrleitungssysteme und Rohrverbindungen	617
16.3	Kleben von Kunststoffen	605			
17.1	Werkstoffkomponenten für Faserverbundwerkstoffe	618	17.9.1	Handlaminierverfahren	625
17.2	Duroplastische Matrixharze	619	17.9.2	Vakuumsackverfahren	627
17.3	Reaktionsmittel	620	17.9.3	Faserharzspritzen	627
17.4	Härtung von Reaktionsharzen	620	17.9.4	Wickelverfahren	628
17.5	Thermoplastische Matrices	620	17.9.5	Harzinjektionsverfahren	630
17.6	Verstärkungsmaterialien	621	17.9.6	Pressen	631
17.6.1	Ausführungsformen der Verstärkungsmaterialien	622	17.9.7	Schleudern	631
17.6.2	Stützkernwerkstoffe und Sandwichmaterialien	624	17.9.8	Pultrusion	632
17.7	Additive	624	17.9.9	Autoklav-Verfahren	633
17.8	Vor- und Zwischenprodukte	624	17.10	Nachbearbeitung	633
17.9	Formgebungsverfahren	625	17.11	Bauteilgestaltung	633
			17.11.1	Leichtbauprinzipien	634
			17.11.2	Werkstoffgerechte Bauteilgestaltung	634
			17.11.3	Verfahrensgerechte Gestaltung	635
			17.12	Fügen von Bauteilen	636
18.1	Auskleidewerkstoffe	638	18.2	Auskleidetechniken	641
19.1	Fenstersysteme und ihre Elemente	646	19.3	Montage und Befestigung von Fenstersystemen	668
19.1.1	Glas- und Scheibenarten	646	19.3.1	Arbeitsplan für die Montage eines unverglasten Drehkipp-Fensters	670
19.1.2	Profil- und Konstruktionsarten	652	19.3.2	Grundlagen der Bauphysik	671
19.1.3	Aufbau und Maßbezeichnungen von Fenstern	655	19.4	Reparatur und Wartung von Fenstersystemen	675
19.1.4	Fensterbeschläge	657	19.4.1	Beseitigung von Oberflächenschäden	675
19.2	Herstellung von Fensterrahmen	659	19.4.2	Wartung der Fenster	675
19.2.1	Profilzuschnitt und -bearbeitung	661			
19.2.2	Verbinden der Profilmuschnitte	663			
19.2.3	Klotzung und Dichtung der Scheibe	665			
Fachwörterbuch Deutsch – Englisch, Sachwortverzeichnis	676		Firmenverzeichnis	700	
Fachwörterbuch Englisch – Deutsch, Sachwortverzeichnis	689		Bildquellenverzeichnis	703	