

**1 Aufbau und Eigenschaften der Werkstoffe**

<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	<b>1.6 Wärmeverhalten von Kunststoffen</b>	<b>67</b>
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 Duroplasten	69
1.1.7 Gemenge	22	1.6.4 Wärmeverhalten von Elastomeren	69
1.1.8 Kräfte und ihre Wirkungen	24	<b>1.7 Kunststoffe – Eigenschaften und Anwendungen</b>	<b>71</b>
<b>1.2 Werkstofftechnik</b>	<b>26</b>	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	93
1.2.4 Handelsformen der Stähle	35	1.7.5 Duroplaste	96
1.2.5 Wärmebehandlung von Stählen	36	1.7.6 Biokunststoffe	103
1.2.6 Normung der Eisen-Werkstoffe	37	<b>1.8 Verstärkungsstoffe</b>	<b>107</b>
1.2.7 Nichteisenmetalle	39	1.8.1 Verbundwerkstoffe	107
1.2.8 Verbundstoffe	40	1.8.2 Verstärkungsfasern	108
<b>1.3 Chemische Grundlagen</b>	<b>41</b>	1.8.3 Bauformen der Fasern (Roving)	108
1.3.1 Aufbau der Atome	41	1.8.4 Faserhalbzeuge	109
1.3.2 Das Periodensystem der Elemente	42	1.8.5 Vorimprägnierte Halbzeuge	109
1.3.3 Aufbau der Moleküle	44	<b>1.9 Zuschlag- und Hilfsstoffe</b>	<b>110</b>
1.3.4 Chemische Formeln	47	1.9.1 Anforderungen an Additive	110
1.3.5 Organische Kohlenwasserstoffe	48	1.9.2 Additive für Thermoplaste und Duroplaste	110
<b>1.4 Bildung von Makromolekülen</b>	<b>52</b>	1.9.3 Additive für Kautschuke	112
1.4.1 Vom Erdöl zum Monomer	52		
1.4.2 Vom Monomer zum Polymer	54		
1.4.3 Makromoleküle	59		

**2 Fertigungs- und Prüftechnik für Kunststoffe und Metalle**

<b>2.1 Grundlagen der Prüftechnik</b>	<b>114</b>	<b>2.3 Fertigungshauptgruppen</b>	<b>143</b>
2.1.1 Grundbegriffe	114	2.3.1 Verfahren der Fertigungshauptgruppen	145
2.1.2 Messabweichungen	116	<b>2.4 Berechnungen zur Fertigungs- und Prüftechnik</b>	<b>179</b>
2.1.3 Toleranzen und Passungen	117	2.4.1 Berechnungen zur Prüftechnik	179
<b>2.2 Aufbau, Funktion und Anwendung von Prüfmitteln</b>	<b>128</b>	2.4.2 Berechnungen zur Fertigungstechnik	181
2.2.1 Längenprüfmittel	128	<b>2.5 Vorschriften des Arbeits- und Gesundheitsschutzes</b>	<b>185</b>
2.2.2 Lehren	136	2.5.1 Sicherheitszeichen EN ISO 7010:2012-10	185
2.2.3 Winkelpprüfgeräte	137	2.5.2 Sicherheitsmaßnahmen	186
2.2.4 Oberflächenprüfmittel	138	<b>2.6 Umweltschutzvorschriften</b>	<b>187</b>
2.2.5 Farb- und Glanzprüfung	141	<b>2.7 Industrie 4.0</b>	<b>188</b>
2.2.6 Gewichts-, Dichte- und Feuchtigkeitsprüfung	142		

**3 Verarbeitung und Prüfung von Kunststoffen**

<b>3.1 Qualitätsmanagement</b>	<b>190</b>	<b>3.3 Recycling</b>	<b>201</b>
3.1.1 Qualitätsregelkreis	191	3.3.1 Werkstoffliches Recycling	201
3.1.2 Methoden des Qualitätsmanagements	191	3.3.2 Rohstoffliches Recycling	203
3.1.3 Statistische Verfahren des Qualitätsmanagements	194	3.3.3 Thermische Verwertung	203
<b>3.2 Qualitätssicherungsmaßnahmen</b>	<b>199</b>	<b>3.4 Werkstoffprüfverfahren der Kunststofftechnik</b>	<b>204</b>
3.2.1 Qualitätssichernde Elemente	199	3.4.1 Kunststofferkennung	205
3.2.2 Lieferantenbewertung	199	3.4.2 Rieselbarkeit	209
3.2.3 Kundenzufriedenheit	199	3.4.3 Roh- und Schüttdichte	211
3.2.4 Produkthaftung	200	3.4.4 Härteprüfungen	213

3.4.5	Feuchteprüfung	215	3.4.8	Schlag- und Kerbschlagprüfung	218
3.4.6	Schmelzindex (MFR)/(MVR) nach DIN ISO 1133-1:2012-03	216	3.4.9	Formbeständigkeit in der Wärme	219
3.4.7	Zugprüfung, E-Modul	217	3.4.10	Infrarotspektalanalyse	220
			3.4.11	Spannungsoptik	221

#### 4 Maschinentechnische Grundfunktionen an kunststoffverarbeitenden Maschinen

4.1	<b>Systemanalyse</b>	222	4.5.1	Welle-Nabe-Verbindungen	243
4.2	<b>Antriebseinheiten</b>	224	4.5.2	Schraubverbindungen	246
4.2.1	Elektromotor	224	4.5.3	Stiftverbindungen	248
4.2.2	Hydromotor	224	4.5.4	Nietverbindungen	249
4.2.3	Druckluftmotor	225	4.6	<b>Begriffe und Größen der Elektrotechnik</b>	250
4.3	<b>Übertragungseinheiten</b>	226	4.6.1	Grundkenntnisse	250
4.3.1	Wellen	226	4.6.2	Die elektrische Spannung	250
4.3.2	Achsen	226	4.6.3	Der elektrische Strom	251
4.3.3	Zapfen	227	4.6.4	Der elektrische Widerstand	252
4.3.4	Kupplungen	228	4.6.5	Das Ohm'sche Gesetz	253
4.3.5	Riementriebe	232	4.6.6	Schaltung von Widerständen	254
4.3.6	Kettentriebe	233	4.6.7	Die elektrische Arbeit und Leistung	255
4.3.7	Zahnradtriebe	234	4.7	<b>Eigenschaften und Anwendung von Energieträgern</b>	256
4.3.8	Getriebe	235	4.8	<b>Gefahren des elektrischen Stroms</b>	256
4.4	<b>Stütz- und Trageinheiten</b>	238	4.9	<b>Instandhaltung</b>	258
4.4.1	Gehäuse und Gestelle	238	4.9.1	Wartung	259
4.4.2	Lager	239	4.9.2	Inspektion	261
4.4.3	Führungen	241	4.9.3	Instandhaltungsstrategien	261
4.5	<b>Verbindungseinheiten</b>	243			

#### 5 Steuerungs- und Regelungstechnik

5.1	<b>Steuerungs- und Regelungsvorgänge</b>	264	5.4.2	Hydraulikflüssigkeiten und Bauteile	292
5.1.1	Der automatische Prozess	264	5.5	<b>Elektropneumatische Steuerungen</b>	298
5.1.2	Grundlagen der Steuerungstechnik	265	5.5.1	Elektrische Signaleingabeelemente	298
5.1.3	Grundlagen der Regelungstechnik	267	5.5.2	Relais, Schütze und Magnetventile	299
5.1.4	Bauelemente von Steuerungen	269	5.5.3	Grundsaltungen	300
5.1.5	Darstellungsformen von Steuerungen	274	5.6	<b>Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS)</b>	304
5.2	<b>Pneumatische Anlagen</b>	277	5.6.1	Aufbau einer SPS	304
5.2.1	Drucklufterzeugung	277	5.6.2	Arbeitsweise und Programmierung einer SPS	305
5.2.2	Ventile	281	5.6.3	Programmieren einer Verknüpfungs- bzw. Ablaufsteuerung	308
5.3	<b>Steuerungen entwerfen</b>	286	5.7	<b>Handhabungseinrichtungen</b>	309
5.3.1	Gegenüberstellung der Vorteile und Nachteile der Pneumatik	286	5.7.1	Einteilung von Handhabungs- einrichtungen	309
5.3.2	Aufbau von Schaltplänen	286	5.7.2	Funktionseinheiten und die Pro- grammierung von Industrierobotern	310
5.3.3	Bezeichnung der Bauteile und pneumatische Grundsaltungen	287	5.7.3	Besonderheiten und Schutz- vorkehrungen bei Industrierobotern	312
5.3.4	Signalüberschneidungen	289			
5.4	<b>Hydraulische Steuerungen</b>	292			
5.4.1	Gegenüberstellung der Vorteile und Nachteile der Hydraulik	292			

#### 6 Fertigungsspezifische Vor- und Nachbehandlungsmaßnahmen

6.1	<b>Vor- und Aufbereitungsmaßnahmen</b>	314	6.1.7	Trocknung	326
6.1.1	Zerkleinern	314	6.1.8	Lagerung und Transport	328
6.1.2	Mischen	317	6.2	<b>Nachbehandlungsmaßnahmen</b>	330
6.1.3	Plastifizieren	319	6.2.1	Tempern	330
6.1.4	Granulieren	321	6.2.2	Konditionieren	331
6.1.5	Masterbatch	324	6.2.3	Oberflächenvorbehandlung	331
6.1.6	Compoundierung	325	6.2.4	Oberflächenveredelung	334

**7 Herstellen von Formteilen durch Spritzgießen**

<b>7.1 Systemanalyse der Maschine und des Prozesses</b>	<b>339</b>	<b>7.2.3 Werkzeugarten</b>	<b>366</b>
7.1.1 Arbeitsstellungen der Maschine	340	7.2.4 Werkzeugtemperierung	369
7.1.2 Zyklusablauf bei der Thermoplastverarbeitung	341	7.2.5 Werkzeugentlüftung	371
7.1.3 Verarbeitungsparameter	342	7.2.6 Entformung	372
7.1.4 Schließereinheit	343	<b>7.3 Fertigungsverfahren</b>	<b>377</b>
7.1.5 Spritzeinheit	354	7.3.1 Spritzgießen von Thermoplasten	377
<b>7.2 Aufbau von Spritzgießwerkzeugen</b>	<b>360</b>	7.3.2 Spritzgießen von Elastomeren	383
7.2.1 Angussysteme	361	7.3.3 Spritzgießen von Duroplasten (Duromeren)	385
7.2.2 Angussformen	362	7.3.4 Sonderverfahren	387
		<b>7.4 Spritzgießfehler</b>	<b>400</b>

**8 Herstellen von Formteilen durch Pressen**

<b>8.1 Systemanalyse der Maschine und des Prozesses</b>	<b>404</b>	<b>8.2 Pressen und Pressautomaten</b>	<b>419</b>
8.1.1 Formpressen	404	8.2.1 Nachbearbeiten von Formteilen	421
8.1.2 Spritzpressen	412	8.2.2 Sonderverfahren zur Verarbeitung von Formmassen	422
8.1.3 Presswerkzeuge	414		
8.1.4 Fehler und ihre Ursachen beim Verarbeiten von Formmassen	418		

**9 Herstellen von Formteilen durch Blasformen**

<b>9.1 Systemanalyse der Maschine und des Prozesses</b>	<b>424</b>	<b>9.2.3 Formentlüftung</b>	<b>441</b>
9.1.1 Plastifiziereinheit	427	9.2.4 Formkühlung	442
9.1.2 Schlauchköpfe	428	9.2.5 Formunterbau	442
9.1.3 Wanddickensteuerung	432	9.2.6 Entformungshilfen	443
9.1.4 Schließereinheit	434	9.2.7 Zusatzeinrichtungen	443
9.1.5 Schlauchtrennvorrichtung	435	<b>9.3 Fertigungsverfahren</b>	<b>444</b>
9.1.6 Blasstation	436	9.3.1 Verfahren mit kontinuierlichem Schlauchaustritt	444
9.1.7 Nachfolgestationen	438	9.3.2 Verfahren mit diskontinuierlichem Schlauchaustritt	446
<b>9.2 Aufbau von Blaswerkzeugen</b>	<b>439</b>	9.3.3 Streckblasen und Spritzblasen	448
9.2.1 Werkstoffe	439	9.3.4 Bottlepack-Verfahren	449
9.2.2 Trennkanten	440		

**10 Herstellen von Formteilen und Halbzeugendurch Schäumen**

<b>10.1 Allgemeines über Schäume</b>	<b>450</b>	<b>10.3 Schäume aus reaktionsfähigen flüssigen Ausgangskomponenten</b>	<b>461</b>
<b>10.2 Schäume aus blähfähigen Einzelteilen</b>	<b>452</b>	10.3.1 PUR-Schaum	461
10.2.1 Expandierfähiges Polystyrol EPS	452	10.3.2 Melaminharzschaumstoff	469
10.2.2 Expandierfähiges Polypropylen EPP	458		

**11 Herstellen von Halbzeugen durch Extrudieren**

<b>11.1 Systemanalyse der Maschine und des Prozesses</b>	<b>470</b>	<b>11.2.6 Glattrohrextruder (Konventioneller Extruder)</b>	<b>480</b>
11.1.1 Aufbau einer Extrusionsanlage	471	11.2.7 Nutbuchsenextruder (Extruder mit genuteter Einzugsbuchse)	482
11.1.2 Aufgaben des Extruders	471	<b>11.3 Doppelschneckenextruder</b>	<b>483</b>
11.1.3 Extruderbauarten	472	11.3.1 Gleichläufiger Doppelschneckenextruder (Gleichläufer)	483
<b>11.2 Einschneckenextruder</b>	<b>472</b>	11.3.2 Gegenläufiger Doppelschneckenextruder (Gegenläufer)	486
11.2.1 Extruderschnecken	473	11.3.3 Planetwalzenextruder	488
11.2.2 Plastifizierzylinder	476		
11.2.3 Einfülltrichter, Förder- und Mischgeräte	480		
11.2.4 Antriebseinheit	480		
11.2.5 Temperiersystem	480		

<b>11.4 Extrusionswerkzeuge</b>	<b>489</b>	<b>11.5 Nachfolgeeinrichtungen</b>	<b>496</b>
11.4.1 Werkzeuge mit kreisringspaltförmigem Austrittsquerschnitt	489	<b>11.6 Produktionslinien</b>	<b>498</b>
11.4.2 Profilwerkzeuge	493	11.6.1 Blasfolienanlagen	498
11.4.3 Flachfolien- und Plattenwerkzeuge	494	11.6.2 Flachfolienanlage	501
11.4.4 Coextrusionswerkzeuge für Thermoplaste	495	<b>11.7 Fehler an Extrudaten</b>	<b>503</b>

## 12 Herstellen von Halbzeugen durch Kalandrieren

<b>12.1 Systemanalyse der Kalandieranlage und des Prozesses</b>	<b>504</b>	12.3.4 Abzugs-, Kühl- und Aufwickleinrichtung	512
<b>12.2 Kalandrierbare Kunststoffformmassen</b>	<b>505</b>	<b>12.4 Nachbehandlung</b>	<b>512</b>
<b>12.3 Aufbau der Kalandersstraße</b>	<b>505</b>	<b>12.5 Besonderheiten beim Kalandrieren von Kautschuk</b>	<b>513</b>
12.3.1 Materialaufbereitung beim Kalandrieren	506	12.5.1 Kalandrierbare Kautschuke	513
12.3.2 Die Kalandereinheit	507	12.5.2 Besonderheiten der Kalandereinheit	514
12.3.3 Der Kalandriervorgang bei Thermoplasten	508		

## 13 Herstellen von Halbzeugen durch Beschichten

<b>13.1 Beschichten mit fließfähigen Materialien</b>	<b>516</b>	13.3.1 Hotmelt-Kaschierung	526
13.1.1 Trägerstoffe	516	<b>13.4 Beschichten aus der Schmelze</b>	<b>526</b>
13.1.2 Beschichtungsmassen	517	<b>13.5 Oberflächenbehandlung beschichteter Trägerbahnen</b>	<b>528</b>
13.1.3 Arbeitsablauf von PVC-Beschichtungsverfahren	518	13.5.1 Prägen	528
13.1.4 Beschichtungsverfahren und -maschinen	520	13.5.2 Überfärben	529
<b>13.2 Das Tauchverfahren und Imprägnieren</b>	<b>522</b>	13.5.3 Lackieren	529
<b>13.3 Kaschieren von Trägerbahnen</b>	<b>523</b>	<b>13.6 Umweltschutzmaßnahmen</b>	<b>529</b>

## 14 Herstellen von Mehrschicht-Kautschukteilen

<b>14.1 Mischen und Kneten</b>	<b>530</b>	14.7.6 Nachfolgeeinrichtungen	540
<b>14.2 Mischverfahren</b>	<b>531</b>	<b>14.8 Herstellung von Reifen</b>	<b>542</b>
<b>14.3 Der Innenmischer</b>	<b>532</b>	14.8.1 Reifenherstellung mit der „Single-Stage“-Reifenaufbaumaschine	545
<b>14.4 Das Walzwerk</b>	<b>535</b>	14.8.2 Reifenheizpressen	546
<b>14.5 Nachfolgeeinrichtungen</b>	<b>536</b>	<b>14.9 Herstellung von Keilriemen</b>	<b>550</b>
<b>14.6 Mischsaalsystem mit zentralem Innenmischer</b>	<b>537</b>	<b>14.10 Vulkanisation</b>	<b>553</b>
<b>14.7 Herstellung von Platten und gummierten Festigkeitsträgern</b>	<b>538</b>	14.10.1 Grundkenntnisse zur Vulkanisation	553
14.7.1 Gummieren von Gewebe	538	14.10.2 Vulkanisationsverlauf	554
14.7.2 Skimmen	539	14.10.3 Vulkanisationsverfahren	555
14.7.3 Belegen von Stahlkord und Geweben	539	14.10.4 Kontinuierliches Vulkanisationsverfahren unter Druck	555
14.7.4 Profilieren	539	14.10.5 Kontinuierliches Vulkanisationsverfahren ohne Druck	556
14.7.5 Roller-Head-Verfahren (Extrudierverfahren)	540		

## 15 Herstellen von Bauteilen durch Bearbeitung von Halbzeugen

<b>15.1 Umformverfahren</b>	<b>558</b>	15.1.5 Negativformung	566
15.1.1 Werkstoffverhalten beim Umformen	559	15.1.6 Druckumformen	567
15.1.3 Biegeumformen	563	15.1.7 Spezielle Umformverfahren	568
15.1.4 Positivformung	565	15.1.8 Umformwerkzeuge	569

15.1.9	Vor- und Nachbearbeitung der Halbzeuge	570	15.3.4	Vorbehandlung der Klebeflächen	592
15.2	<b>Schweißen von Kunststoffen</b>	<b>572</b>	15.3.5	Der Klebevorgang	593
15.2.1	Grundlagen des Kunststoffschweißens	572	15.3.6	Vor- und Nachteile von Klebeverbindungen	594
15.2.2	Heizelementschweißen – Schweißen durch Wärmeleitung	574	15.4	<b>Mechanische Verbindungen von Kunststoffen</b>	<b>595</b>
15.2.3	Warmgasschweißen – Schweißen durch Konvektion	576	15.4.1	Schnappverbindungen	595
15.2.4	Schweißen durch Strahlung	580	15.4.2	Schraubverbindungen	596
15.2.5	Schweißen durch Reibung	581	15.4.3	Nietverbindungen	597
15.2.6	Schweißen durch Induktion	585	15.4.4	Steck- und Pressverbindungen	597
15.2.7	Anwendung der Schweißverfahren und Schweißsymbole	586	15.5	<b>Elemente und Baugruppen des Behälter- und Apparatebaus</b>	<b>598</b>
15.3	<b>Kleben von Kunststoffen</b>	<b>587</b>	15.5.1	Absperr-, Regel- und Sicherheitsarmaturen	598
15.3.1	Technologie des Klebens	587	15.5.2	Rohrleitungssysteme und Rohrverbindungen	599
15.3.2	Klebstoffe	588			
15.3.3	Gestaltung von Klebeverbindungen	590			

## 16 Herstellen von Bauteilen durch Laminieren

16.1	<b>Werkstoffkomponenten für Faserverbundwerkstoffe</b>	<b>600</b>	16.9	<b>Formgebungsverfahren</b>	<b>607</b>
16.2	<b>Duroplastische Matrixharze</b>	<b>601</b>	16.9.1	Handlaminierverfahren	607
16.3	<b>Reaktionsmittel</b>	<b>602</b>	16.9.2	Vakuumsackverfahren	609
16.4	<b>Härtung von Reaktionsharzen</b>	<b>602</b>	16.9.3	Faserharzspritzen	609
16.5	<b>Thermoplastische Matrices</b>	<b>602</b>	16.9.4	Wickelverfahren	610
16.6	<b>Verstärkungsmaterialien</b>	<b>603</b>	16.9.5	Harzinjektionsverfahren	612
16.6.1	Ausführungsformen der Verstärkungsmaterialien	604	16.9.6	Pressen	613
16.6.2	Stützkernwerkstoffe und Sandwichmaterialien	606	16.9.7	Schleudern	613
16.7	<b>Additive</b>	<b>606</b>	16.9.8	Pultrusion	614
16.8	<b>Vor- und Zwischenprodukte</b>	<b>606</b>	16.9.9	Autoklav-Verfahren	615
			16.10	<b>Nachbearbeitung</b>	<b>615</b>
			16.11	<b>Bauteilgestaltung</b>	<b>615</b>
			16.11.1	Leichtbauprinzipien	616
			16.11.2	Werkstoffgerechte Bauteilgestaltung	616
			16.12	<b>Fügen von Bauteilen</b>	<b>618</b>

## 17 Auskleiden und Abdichten

17.1	<b>Auskleidewerkstoffe</b>	<b>620</b>	17.2	<b>Auskleidetechniken</b>	<b>623</b>
------	----------------------------	------------	------	---------------------------	------------

## 18 Technik und Herstellung von Kunststofffenstern

18.1	<b>Fenstersysteme und ihre Elemente</b>	<b>628</b>	18.3	<b>Montage und Befestigung von Fenstersystemen</b>	<b>650</b>
18.1.1	Glas- und Scheibenarten	628	18.3.1	Arbeitsplan für die Montage eines unverglasten Drehkipp-Fensters	652
18.1.2	Profil- und Konstruktionsarten	634	18.3.2	Grundlagen der Bauphysik	653
18.1.3	Aufbau und Maßbezeichnungen von Fenstern	637	18.4	<b>Reparatur und Wartung von Fenstersystemen</b>	<b>657</b>
18.1.4	Fensterbeschläge	639	18.4.1	Beseitigung von Oberflächenschäden	657
18.2	<b>Herstellung von Fensterrahmen</b>	<b>641</b>	18.4.2	Wartung der Fenster	657
18.2.1	Profilzuschnitt und -bearbeitung	643			
18.2.2	Verbinden der Profilschnitte	645			
18.2.3	Klotzung und Dichtung der Scheibe	647			

<b>Fachwörterbuch Deutsch – Englisch, Sachwortverzeichnis</b>	<b>658</b>
<b>Professional-Dictionary English – German, Index</b>	<b>672</b>

<b>Firmenverzeichnis</b>	<b>686</b>
--------------------------	------------