

Inhalt

1 Einführung in Polymer Engineering	1
1.1 Einteilungen	3
1.1.1 Einteilung der Werkstoffe	3
1.1.2 Einteilung der Kunststoffe	4
1.1.3 Einteilung der Verbundwerkstoffe	4
1.1.4 Hauptmerkmale von Kunststoffen (in Anlehnung an DIN 7724)	5
1.1.5 Wirtschaftliche Bedeutung der Kunststoffe	10
1.1.5.1 Wirtschaftsdaten zu Thermoplasten	10
1.1.5.2 Wirtschaftsdaten zu Duroplasten	10
1.1.5.3 Wirtschaftsdaten zu Elastomeren	10
1.1.5.4 Preisspanne für Kunststoffe	12
Literatur – Kapitel 1.1	12
1.2 Synthese (Herstellung, Erzeugung) von Kunststoffen	13
1.2.1 Übersicht Polymerisation	13
1.2.2 Zuordnung von Kunststoffen zu Polymerisationsarten	13
1.2.3 Einflüsse der Polymerisation auf die Werkstoffeigenschaften	16
1.2.4 Duroplaste (technische Harze)	19
1.2.5 Abgewandelte Naturstoffe	20
1.2.5.1 Kunststoffe auf Cellulosebasis	21
1.2.5.2 Kunststoffe auf Proteinbasis	21
1.2.5.3 Kunststoffe auf Ligninbasis	22
1.2.6 Kunststofferzeugung (verfahrenstechnische Prozesse) Literatur – Kapitel 1.2	22
Weiterführende Literatur – Kapitel 1.2	23
1.3 Eigenschaften von Kunststoffen in Bauteilen	23
1.3.1 Aufbau der Kunststoffe	23
1.3.1.1 Chemische Ordnungszustände	25
1.3.1.2 Physikalische Ordnungszustände	37
1.3.2 Mechanische Eigenschaften	42
1.3.2.1 Temperaturabhängigkeit der mechanischen Eigenschaften	42
1.3.2.2 Verformungsverhalten von Kunststoffen	46
1.3.2.3 Verhalten bei Zugbelastung	47
1.3.2.4 Mechanische Dämpfung	50

1.3.2.5	Zeitabhängigkeit der mechanischen Eigenschaften	50
1.3.3	Weitere physikalische Eigenschaften	53
1.3.4	Chemische Eigenschaften	57
1.3.4.1	Beständigkeit gegen Chemikalien/Medien	57
1.3.4.2	Alterung von Kunststoffen	60
1.3.4.3	Schutzmaßnahmen gegen Alterungsvorgänge	62
1.3.5	Zusatzstoffe für Kunststoffe	63
	Literatur – Kapitel 1.3	64
	Weiterführende Literatur – Kapitel 1.3	64
1.4	Verarbeitung (Urformen) von Kunststoffen zu Bauteilen	65
1.4.1	Aufbereitung und Zusatzstoffe (Additive)	65
1.4.2	Verarbeitung von Kunststoffschmelzen	70
1.4.2.1	Fließeigenschaften von Schmelzen	71
1.4.2.2	Verformungsverhalten von Schmelzen	75
1.4.3	Verarbeitung von Thermoplasten	76
1.4.3.1	Spritzgießen	78
1.4.3.2	Extrudieren	83
1.4.3.3	Verarbeitungstechniken thermoplastischer Faserverbundwerkstoffe	87
1.4.4	Verarbeitung von Thermoplastischen Elastomeren (TPE)	87
1.4.5	Verarbeitung von Elastomeren	88
1.4.5.1	Formgebung (Rohlingsverarbeitung) und Vernetzung (Vulkanisation)	90
1.4.6	Verarbeitung von Duroplasten	90
1.4.6.1	Verarbeitungsprinzip	90
1.4.6.2	Typisierung von Duroplasten (härtbare Formmassen)	94
1.4.6.3	Einteilung der Verarbeitungsverfahren	94
1.4.7	Verarbeitungseinflüsse auf Bauteileigenschaften	94
1.4.7.1	Bauteileigenschaften	95
1.4.7.2	Einflüsse des Verfahrens und des Kunststoffes auf die Bauteileigenschaften	101
	Literatur – Kapitel 1.4	101
	Weiterführende Literatur – Kapitel 1.4	103
	Weiterführende Literatur zu Kapitel 1.4.1	103
	Weiterführende Literatur zu Kapitel 1.4.3.1 und 1.4.3.2	103
	Weiterführende Literatur zu Kapitel 1.4.3.3	104
	Weiterführende Literatur zu Kapitel 1.4.7	104
1.5	Kunststoffe und Bauteile	105
1.5.1	Kreislaufwirtschaft und Recycling	105
1.5.1.1	Bauteil-Wiederverwertung	106
1.5.1.2	Möglichkeiten der werkstofflichen Kreislaufführung	107
1.5.1.3	Rohstoffliche Kreislaufführung	108
1.5.1.4	Verbrennung	109

1.5.1.4.1	Verbrennungskonzepte und -aggregate	109
1.5.1.4.2	Verbrennung in Kraftwerken	109
1.5.1.4.3	Verbrennung in Müllverbrennungsanlagen	110
1.5.1.5	Ausblick	110
1.5.2	Umweltbewertung und -bilanzierung von Kunststoffen	111
1.5.2.1	Ganzheitliche Bilanzierung	111
	Literatur – Kapitel 1.5	113
	Weiterführende Literatur zu Kapitel 1.5	113
2	Synthetische Kunststoffe	115
2.1	Thermoplastische Polymere	115
2.1.1	Polyolefine (PO)	116
2.1.1.1	Polyethylen (PE)	118
2.1.1.1.1	PE-LD und PE-HD	120
2.1.1.1.1.1	Synthese und Compoundierung	120
2.1.1.1.1.1.1	Synthese	120
2.1.1.1.1.1.2	Struktur und Morphologie	124
2.1.1.1.1.1.3	Compound und Blend	124
2.1.1.1.1.2	Eigenschaften	130
2.1.1.1.1.2.1	Thermo-Mechanische Eigenschaften	130
2.1.1.1.1.2.2	Beständigkeit und Sperrfähigkeit	147
2.1.1.1.1.2.3	Elektrische, optische, akustische Eigenschaften	150
2.1.1.1.1.3	Verarbeitung und Anwendung von PE	152
2.1.1.1.1.3.1	Urformen	152
2.1.1.1.1.3.2	Umformen	154
2.1.1.1.1.3.3	Fügen	156
2.1.1.1.1.3.4	Veredelung	158
2.1.1.1.1.4	Gesundheit und Umwelt	159
2.1.1.1.1.5	Handelsnamen	160
2.1.1.1.2	PE-LLD	161
2.1.1.1.2.1	Synthese und Compoundierung	162
2.1.1.1.2.1.1	Synthese	162
2.1.1.1.2.1.2	Struktur und Morphologie	162
2.1.1.1.2.2	Eigenschaften	163
2.1.1.1.2.3	Verarbeitung und Anwendung	165
2.1.1.1.2.4	Handelsnamen	171
2.1.1.1.3	PE-UHMW	172
2.1.1.1.3.1	Technisches PE-UHMW	172
2.1.1.1.3.1.1	Synthese und Compoundierung	172
2.1.1.1.3.1.1.1	Synthese	172
2.1.1.1.3.1.1.2	Compound und Blend	172
2.1.1.1.3.1.2	Eigenschaften	173
2.1.1.1.3.1.3	Verarbeitung und Anwendung	176
2.1.1.1.3.1.4	Handelsnamen	178

2.1.1.1.3.2	Medizinisches PE-UHMW – Polyethylen als Implantatwerkstoff	178
2.1.1.1.3.2.1	Chemisch unvernetztes medizinisches Standard Polyethylen als Werkstoff	178
2.1.1.1.3.2.2	PE-UHMW als Implantat-Komponenten	181
2.1.1.1.3.2.3	Chemisch hochvernetztes medizinisches PE-UHMW	183
2.1.1.1.4	Polyethylen-Modifikationen	186
2.1.1.1.4.1	Vernetztes Polyethylen (PE-X)	186
2.1.1.1.4.2	Chlorierte Polyolefine	191
2.1.1.1.4.2.1	Chloriertes Polyethylen (PE-C) (thermoplastisches Elastomer)	191
2.1.1.1.4.2.2	Vernetzte chlorierte Polyolefine (PE-CX)	195
2.1.1.1.4.3	Sulfochloriertes Polyethylen	196
2.1.1.1.4.4	Phosphorylierung, Sulfophosphorylierung, Sulfierung, Oxidation	197
2.1.1.1.4.5	Copolymere des Ethylens	197
2.1.1.1.4.5.1	Ethylen/Vinylacetat-Copolymere (EVAC)	197
2.1.1.1.4.5.2	Ethylen/Vinylalkohol-Copolymere (EVOH)	202
2.1.1.1.4.5.3	Ethylen/Ethylacrylat-Copolymere (EEAK)	203
2.1.1.1.4.5.4	Ethylen/Methylacrylat-Copolymere (EMA)	205
2.1.1.1.4.5.5	Ethylen/Acrylsäure-Copolymere (EAA)	206
2.1.1.1.4.5.6	Ethylen/Butylacrylat-Copolymere (EBA)	207
2.1.1.1.4.6	Abbaubare Polyethylene und andere Kunststoffe	209
2.1.1.1.5	Literatur – Kapitel 2.1.1.1	210
2.1.1.2	Polypropylen	213
2.1.1.2.1	Synthese und Compoundierung	213
2.1.1.2.1.1	Synthese	213
2.1.1.2.1.2	Struktur und Morphologie	216
2.1.1.2.1.3	Compound und Blend	221
2.1.1.2.2	Eigenschaften	226
2.1.1.2.2.1	Thermo-Mechanische Eigenschaften	226
2.1.1.2.2.2	Reibeverhalten, Beständigkeit und Sperrfähigkeit ...	237
2.1.1.2.2.3	Elektrische, optische, akustische Eigenschaften	238
2.1.1.2.3	Verarbeitung und Anwendung	239
2.1.1.2.3.1	Urformen	240
2.1.1.2.3.2	Umformen	243
2.1.1.2.3.3	Fügen	243
2.1.1.2.3.4	Veredelung	244
2.1.1.2.4	Gesundheit und Umwelt	244
2.1.1.2.5	Handelsnamen	249
2.1.1.2.6	Literatur – Kapitel 2.1.1.2	251
2.1.1.3	Polybuten-1 (PB)	254
2.1.1.4	Polyisobutylen (PIB)	261
2.1.1.5	Poly-4-methylpenten-1 (PMP)	264
2.1.1.6	Andere aliphatische Polyolefine	268
2.1.1.7	Ionomere	269
2.1.1.8	Cycloolefincopolymere (COC)	273

2.1.1.9	Verbundwerkstoffe auf Basis Kohlenstoff-Polyolefin	279
	Literatur – Kapitel 2.1.1.3 – 2.1.1.9	280
2.1.2	Vinylpolymere	281
2.1.2.1	Polyvinylchlorid (PVC)	282
2.1.2.1.1	Synthese und Compoundierung	282
2.1.2.1.1.1	Synthese (PVC)	282
2.1.2.1.1.2	Struktur	284
2.1.2.1.1.3	Rohstoffeigenschaften	284
2.1.2.1.1.4	Additive und Zuschlagstoffe (PVC)	286
2.1.2.1.1.5	Compound und Blend (PVC)	292
2.1.2.1.2	Eigenschaften (PVC)	293
2.1.2.1.2.1	Thermo-Mechanische Eigenschaften	293
2.1.2.1.2.2	Beständigkeiten und Sperrfähigkeit (PVC)	305
2.1.2.1.2.3	Elektrische und optische Eigenschaften (PVC)	308
2.1.2.1.2.4	Sonstige Eigenschaften (PVC)	312
2.1.2.1.3	Verarbeitung und Anwendung (PVC)	312
2.1.2.1.3.1	Urformen (PVC)	315
2.1.2.1.3.2	Pastenverarbeitung (PVC)	316
2.1.2.1.3.3	Schäumen (PVC)	317
2.1.2.1.3.4	Bearbeiten (PVC)	317
2.1.2.1.3.5	Fügen (PVC)	317
2.1.2.1.3.6	Veredelung (PVC)	320
2.1.2.1.3.7	Anwendungsbeispiele (PVC)	320
2.1.2.1.4	Sicherheit, Umwelt und Recycling (PVC)	322
2.1.2.1.4.1	Sicherheit	322
2.1.2.1.4.2	Recycling (PVC)	323
2.1.2.1.5	Sortiment (PVC)	327
2.1.2.1.5.1	Lieferformen (PVC)	327
2.1.2.1.5.2	Typisierung (PVC)	327
2.1.2.1.5.3	Handelsnamen	327
2.1.2.1.6	Literatur – Kapitel 2.1.2.1	328
2.1.2.2	Polyvinylchlorid-Modifikationen	329
2.1.2.2.1	Erhöhung der Schlagzähigkeit (PVC)	331
	Literatur – Kapitel 2.1.2.2.1 (PVC)	339
2.1.2.2.2	Höhere Wärmeformbeständigkeit (PVC)	339
	Literatur	342
2.1.2.2.3	Modifikation mit speziellen PVC-Typen	342
2.1.2.2.3.1	PVC-Modifikationen mit VC-VAc-Copolymeren ...	343
2.1.2.2.3.2	PVC-Modifikationen mit speziellen E-PVC-Typen ..	344
2.1.2.2.3.3	Oberflächenmodifizierung mit „hochmolekularem PVC“	346
2.1.2.2.3.4	PVC-Modifikation mit kautschukreichen PVC-Pfropfpolymeren	348
	Literatur – Kapitel 2.1.2.2.3	350
2.1.2.2.4	Barriereeigenschaftsänderungen mit Mehrschichtfolien	351
	Literatur	361

2.1.2.2.5	PVC – Naturfaser – Verbunde	361
	Literatur – Kapitel 2.1.2.2.5	367
2.1.3	Styrolpolymere (PS)	369
2.1.3.1	Styrol-Homopolymere (PS)	371
2.1.3.2	Styrol-Copolymere	388
2.1.3.2.1	Schlagzähmodifizierte Polystyrole	388
2.1.3.2.1.1	Styrol/Butadien-Pfropfcopolymere (SB)	392
2.1.3.2.1.2	Styrol/Butadien/Styrol-Blockcopolymere (SBS)	401
2.1.3.2.1.3	Thermoplastische Styrol/Butadien-Elastomere (SBS-TE)	412
2.1.3.2.1.4	Styrol/ α -Methylstyrolcopolymere (S/MS)	419
2.1.3.2.1.5	Styrol/Maleinsäureanhydrid (S/MSA)	419
2.1.3.2.1.6	Styrol/Methylmethacrylat (S/MMA)	420
2.1.3.2.2	Styrol/Acrylnitrilcopolymere (SAN)	420
2.1.3.2.2.1	SAN-Modifikationen	433
2.1.3.2.2.1.1	Acrylnitril/Polybutadien/Styrolpfropfcopolymere (ABS)	433
2.1.3.2.2.1.2	Pfropfcopolymere aus MMA, SB und ABS (MABS)	443
2.1.3.2.3	Styrol - Polyblends	448
2.1.3.2.3.1	Polymerblends aus (ABS + PC)	448
2.1.3.2.3.2	Acrylnitril/Styrol/Acrylester-Pfropfcopolymere (ASA)	455
2.1.3.2.3.3	Polymerblends aus ASA und Polycarbonat (ASA + PC)	467
2.1.3.3	Literatur – Kapitel 2.1.3	472
2.1.4	Polyacrylate	475
2.1.4.1	Polyacrylnitril (PAN)	476
2.1.4.1.1	Synthese und Compoundierung	476
2.1.4.1.1.1	Synthese	476
2.1.4.1.1.2	Struktur und Morphologie	477
2.1.4.1.2	Eigenschaften	477
2.1.4.2	Acrylnitril-Copolymere mit geringer Gasdurchlässigkeit (Barriere-Kunststoffe)	478
2.1.4.2.1	Styrol/Acrylnitrilcopolymer SAN	478
2.1.4.2.2	Acrylnitril-Methyl-Acrylat-Copolymerisate	479
2.1.4.2.2.1	Eigenschaften	479
2.1.4.2.2.2	Verarbeitung	481
2.1.4.2.2.3	Handelsnamen	481
2.1.4.3	Polymethylmethacrylat (PMMA)	482
2.1.4.3.1	Synthese und Compoundierung	482
2.1.4.3.2	Eigenschaften	484
2.1.4.3.2.1	Thermo-mechanische Eigenschaften	485
2.1.4.3.2.2	Beständigkeit und Sperrfähigkeit	492
2.1.4.3.2.3	Elektrische, optische, akustische Eigenschaften	495
2.1.4.3.3	Verarbeitung und Anwendung	497
2.1.4.4	PMMA/ABS Blends	500
2.1.4.5	Polymethylmethacrylimid (PMMI)	501
2.1.4.6	MBS-Polymerisat	501
2.1.4.7	Polymethacrylimid (PMI)	501
2.1.4.7.1	Synthese und Compoundierung	501
2.1.4.7.1.1	Herstellung von ROHACELL [®]	501

2.1.4.7.2	Eigenschaften	502
2.1.4.8	Literatur – Kapitel 2.1.4	503
2.1.5	Polyacetal (POM)	505
2.1.5.1	Synthese und Aufbereitung (Compoundierung)	506
2.1.5.2	Eigenschaften	510
2.1.5.2.1	Physikalische Eigenschaften	510
2.1.5.2.2	Mechanische Eigenschaften: Kurzzeitverhalten bei geringer Verformungsgeschwindigkeit	510
2.1.5.2.3	Thermische Eigenschaften	528
2.1.5.2.4	Elektrische Eigenschaften	529
2.1.5.2.5	Optische Eigenschaften	531
2.1.5.2.6	Chemische und technologische Beständigkeit	531
2.1.5.2.6.1	Chemikalienbeständigkeit	531
2.1.5.2.6.2	Wasseraufnahme	531
2.1.5.2.6.3	Spannungsrißverhalten	532
2.1.5.2.6.4	Witterungsbeständigkeit	532
2.1.5.2.6.5	Strahlenbeständigkeit	532
2.1.5.2.6.6	Brennbarkeit	533
2.1.5.2.6.7	Durchlässigkeit für Gase und Dämpfe	533
2.1.5.2.6.8	Verhalten gegenüber Kraftstoffen	533
2.1.5.3	Verarbeitung	535
2.1.5.3.1	Urformen	535
2.1.5.3.2	Veredelung der Oberfläche	536
2.1.5.3.2.1	Heißprägen	536
2.1.5.3.2.2	Metallisieren	537
2.1.5.3.2.3	Bedrucken, Lackieren, Bemalen	537
2.1.5.3.3	Spanende Bearbeitung	538
2.1.5.3.4	Fügeverfahren	538
2.1.5.4	Gesundheit und Recycling	539
2.1.5.4.1	Gesundheitliche Beurteilung	539
2.1.5.4.2	Sterilisieren	539
2.1.5.4.3	Recycling	540
	Literatur – Kapitel 2.1.5	540
	Weiterführende Literatur Kapitel 2.1.5	541
2.1.6	Fluorkunststoffe	543
2.1.6.1	Polytetrafluorethylen (PTFE)	544
2.1.6.2	Tetrafluorethylen/Hexafluorpropylencopolymer (FEP)	565
2.1.6.3	Tetrafluorethylen/Ethylencopolymer (E/TFE)	574
2.1.6.4	Polytrifluorochlorethylen (PCTFE)	580
2.1.6.5	Polyvinylfluorid (PVF)	584
2.1.6.6	Polyvinylidenfluorid (PVDF)	587
2.1.6.7	Thermoplastische Fluorelastomere	595
2.1.6.8	Literatur – Kapitel 2.1.6	596
2.2	Polykondensate	597
2.2.1	Thermoplastische Polykondensate	599
2.2.1.1	Polyamide (PA)	604

2.2.1.1.1	Allgemeine Stoffbeschreibung	604
2.2.1.1.1.1	Nomenklatur	605
2.2.1.1.2	Aliphatische Polyamide	607
2.2.1.1.2.1	Struktur und allgemeine Eigenschaften	609
2.2.1.1.2.2	Eigenschaften	616
2.2.1.1.2.3	Verarbeitung	648
2.2.1.1.2.4	Sicherheit, Umwelt und Recycling	654
2.2.1.1.3	Partiell aromatische Polyamide	655
2.2.1.1.3.1	Polyarylamide: Arylamid PA MXD 6	655
2.2.1.1.3.1.1	Allgemeine Stoffbeschreibung, Synthese und Struktur	655
2.2.1.1.3.1.2	Eigenschaften	656
2.2.1.1.3.1.3	Verarbeitung	659
2.2.1.1.3.2	Polyamid 6/6 T	660
2.2.1.1.3.2.1	Allgemeine Stoffbeschreibung, Struktur und allgemeine Eigenschaften	660
2.2.1.1.3.2.2	Eigenschaften	661
2.2.1.1.3.2.3	Beständigkeit	672
2.2.1.1.3.2.4	Elektrische Eigenschaften	672
2.2.1.1.3.2.5	Verarbeitung	673
2.2.1.1.3.3	Polyphthalamid PPA	676
2.2.1.1.3.3.1	Allgemeine Stoffbeschreibung, Struktur und allgemeine Eigenschaften	676
2.2.1.1.3.3.2	Thermo-Mechanische Eigenschaften	677
2.2.1.1.3.3.3	Beständigkeit	682
2.2.1.1.3.3.4	Verarbeitung	686
2.2.1.1.3.4	Weitere partiell aromatische Polyamide	688
2.2.1.1.3.4.1	Eigenschaften	689
2.2.1.1.4	Modifizierte Polyamide	689
2.2.1.1.4.1	Flexible Polyamide	689
2.2.1.1.4.1.1	Verarbeitung	690
2.2.1.1.4.1.2	Anwendungsbeispiele	691
2.2.1.1.4.2	Copolyamide	692
2.2.1.1.4.2.1	Verarbeitung	692
2.2.1.1.5	Thermoplastische Polyamid-Elastomere	692
2.2.1.1.5.1	PA 12-Elastomere	693
2.2.1.1.5.1.1	Allgemeine Stoffbeschreibung, Synthese und Struktur	694
2.2.1.1.5.1.2	Thermo-Mechanische Eigenschaften	695
2.2.1.1.5.1.3	Verarbeitung	695
2.2.1.1.5.2	PA 11-Elastomer	695
2.2.1.1.5.2.1	Allgemeine Stoffbeschreibung, Synthese und Struktur	695
2.2.1.1.6	Guss-Polyamide und Polyamid-RIM-Systeme	697
2.2.1.1.6.1	Allgemeine Eigenschaften	697
2.2.1.1.6.1.1	Allgemeine Stoffbeschreibung, Synthese und Struktur	697
2.2.1.1.6.1.2	Verarbeitung	698
2.2.1.1.6.2	Gusspolyamid 6	701
2.2.1.1.6.2.1	Allgemeine Stoffbeschreibung	701
2.2.1.1.6.2.2	Verarbeitung von ϵ -Caprolactam zu PA 6-G	702

2.2.1.1.6.3	Gusspolyamid 6/12 (Copolymerisation)	702
2.2.1.1.6.3.1	Allgemeine Stoffbeschreibung	702
2.2.1.1.6.4	Elastomermodifiziertes Gusspolyamid 6 (Nyrim TM) ..	703
2.2.1.1.6.4.1	Allgemeine Stoffbeschreibung	703
2.2.1.1.6.4.2	Verarbeitung	703
2.2.1.1.6.4.3	Anwendungsbeispiele	703
2.2.1.1.6.5	Gusspolyamid 12	704
2.2.1.1.6.5.1	Allgemeine Stoffbeschreibung	704
2.2.1.1.6.5.2	Verarbeitung von Laurinlactam zu PA 12-G	706
2.2.1.1.7	Polymermodifizierte Polyamide	706
2.2.1.1.7.1	Allgemeine Stoffbeschreibung	706
2.2.1.1.7.2	Verarbeitung	709
2.2.1.1.8	Sortiment	709
2.2.1.1.9	Literatur – Kapitel 2.2.1.1 bis 2.2.1.1.4.2	713
2.2.1.2	Thermoplastische Polyester	714
2.2.1.2.1	Polycarbonat (PC)	714
2.2.1.2.1.1	Verarbeitung und Anwendung	738
2.2.1.2.1.2	Entwicklungstrends bei aromatischen Polycarbonaten	764
2.2.1.2.1.2.1	Optimierung/Erweiterung des PC-Sortiments	764
2.2.1.2.1.2.2	PC-Produktion durch Schmelzeumesterung	765
2.2.1.2.1.2.3	Polycarbonat für die laseroptische Datenspeicherung	766
2.2.1.2.1.2.4	Polycarbonat für die Automobilverscheibung	766
2.2.1.2.1.3	PC-Cokondensate	767
2.2.1.2.1.3.1	Bisphenol A-Copolycarbonate	768
2.2.1.2.1.3.2	Blockcopolykondensate	769
2.2.1.2.1.3.3	Erhöht wärmeformbeständige Polyestercarbonate (PEC)	769
2.2.1.2.1.4	Polycarbonatblends	771
2.2.1.2.1.4.1	Polycarbonat-Styrolcopolymer-Blends (PC + ABS), (PC + ASA) und Analoge	772
2.2.1.2.1.4.1	Polycarbonat-Polyester-Blends(PC + PBT) und (PC + PET)	777
	Literatur – Kapitel 2.2.1.2.1	783
	Weiterführende Literatur	784
2.2.1.2.2	Polyalkylenterephthalate	785
2.2.1.2.2.1	Polyethylenterephthalat (PET)	785
2.2.1.2.2.1.1	Synthese	787
2.2.1.2.2.1.2	Eigenschaften	787
2.2.1.2.2.1.2.1	Struktur und Morphologie	787
2.2.1.2.2.1.2.2	Merkmale von teilkristallinem PET	788
2.2.1.2.2.1.2.3	Thermische und Mechanische Eigenschaften	789
2.2.1.2.2.1.2.4	Beständigkeiten	797
2.2.1.2.2.1.2.5	Elektrische, optische und akustische Eigenschaften ..	801
2.2.1.2.2.1.3	Verarbeitung und Compounding	802
2.2.1.2.2.1.3.1	Additive und Zuschlagstoffe	802
2.2.1.2.2.1.3.2	Verarbeitungsbedingte Polymer-Abbaumechanismen	806
2.2.1.2.2.1.4	Verarbeitung und Anwendung	807
2.2.1.2.2.1.4.1	Bestimmung der intrinsischen Viskosität	807

2.2.1.2.2.1.4.2	Feuchtegehaltmessung	807
2.2.1.2.2.1.4.3	Trocknung	808
2.2.1.2.2.1.4.4	Thermoplastische Verarbeitung von PET	809
2.2.1.2.2.1.4.5	Urformen	809
2.2.1.2.2.1.4.6	Umformen, Fügen und Trennen	812
2.2.1.2.2.1.4.7	Spanende Verarbeitung	813
2.2.1.2.2.1.4.8	Veredelung	813
2.2.1.2.2.1.4.9	Verschäumen von PET	813
2.2.1.2.2.1.4.10	Anwendungsbeispiele	814
2.2.1.2.2.1.5	Sicherheit, Umwelt und Recycling	815
2.2.1.2.2.1.5.1	Verarbeitung, Arbeitsplatz	815
2.2.1.2.2.1.5.2	Brandverhalten	815
2.2.1.2.2.1.5.3	Produkte	815
2.2.1.2.2.1.5.4	Recycling	815
2.2.1.2.2.1.6	Handelsnamen	818
2.2.1.2.2.1.7	Lieferformen	820
2.2.1.2.2.1.8	Literatur – Kapitel 2.2.1.2.2.1	820
2.2.1.2.2.2	Polybutylenterephthalat (PBT)	820
2.2.1.2.2.2.1	Synthese und Compoundierung	822
2.2.1.2.2.2.1.1	Synthese	822
2.2.1.2.2.2.1.2	Struktur und Morphologie	822
2.2.1.2.2.2.1.3	Compound und Blend	822
2.2.1.2.2.2.2	Eigenschaften	822
2.2.1.2.2.2.2.1	Thermo-Mechanische Eigenschaften	822
2.2.1.2.2.2.2.2	Beständigkeit und Sperrfähigkeit	830
2.2.1.2.2.2.2.3	Elektrische, optische, akustische und technologische Eigenschaften	831
2.2.1.2.2.2.3	Verarbeitung und Anwendung	834
2.2.1.2.2.3.1	Urformen	834
2.2.1.2.2.3.2	Fügen	838
2.2.1.2.2.3.3	Spanende Bearbeitung	839
2.2.1.2.2.3.4	Veredelung	839
2.2.1.2.2.2.4	Gesundheit und Umwelt	840
2.2.1.2.2.2.4.1	Sicherheitsvorkehrungen bei der Verarbeitung	840
2.2.1.2.2.2.4.2	Angaben zur Toxikologie, Vorschriften	840
2.2.1.2.2.2.4.3	Lebensmittelrechtliche Bestimmungen	840
2.2.1.2.2.2.4.4	Lagerung und Transport	841
2.2.1.2.2.2.4.5	Entsorgung	841
2.2.1.2.2.2.4.6	Recycling	841
2.2.1.2.2.2.5	Handelsnamen	841
2.2.1.2.2.2.6	Literatur	841
2.2.1.2.2.3	Thermoplastische Polyesterelastomere (TPE-E)	842
2.2.1.2.2.4	Polyethylenterephthalat als Barrierekunststoff	847
2.2.1.2.3	Polyarylate (Polyarylester)	851
2.2.1.2.4	Eigenverstärkende teilkristalline Polymere (LCP) ...	858
2.2.1.2.4.1	LCP und Technische Kunststoffe – ein Vergleich ...	875
2.2.1.2.5	Polyarylether	878

2.2.1.2.5.1	Polyphenylenether (PPE _{mod}) (substituiert, modifiziert) = Polyphenylenetherblends	879
2.2.1.2.5.2	Blend aus Polyamid und Polyphenylenether (mod.) (PA + PPE _{mod})	888
	Literatur – Kapitel 2.2.1.2.2.3 – 2.2.1.2.5.2	890
2.2.1.2.6	Polyarylsulfon und -sulfid	891
2.2.1.2.6.1	Polysulfon (PSU)	892
2.2.1.2.6.1.1	Synthese und Compoundierung	892
2.2.1.2.6.1.1.1	Synthese	892
2.2.1.2.6.1.1.2	Struktur und Morphologie	892
2.2.1.2.6.1.1.3	Compound und Blend	892
2.2.1.2.6.1.2	Eigenschaften	893
2.2.1.2.6.1.2.1	Thermo-Mechanische Eigenschaften	893
2.2.1.2.6.1.2.2	Beständigkeit und Sperrfähigkeit	899
2.2.1.2.6.1.2.3	Elektrische und optische Eigenschaften	903
2.2.1.2.6.1.3	Verarbeitung und Anwendung	903
2.2.1.2.6.1.3.1	Urformen	905
2.2.1.2.6.1.3.2	Umformen	905
2.2.1.2.6.1.3.3	Fügen	906
2.2.1.2.6.1.3.4	Veredelung	906
2.2.1.2.6.1.4	Gesundheit und Umwelt	907
	Literatur	907
2.2.1.2.6.2	Polyethersulfon (PESU)	908
2.2.1.2.6.2.1	Synthese und Compoundierung	908
2.2.1.2.6.2.1.1	Synthese	908
2.2.1.2.6.2.1.2	Struktur und Morphologie	908
2.2.1.2.6.2.1.3	Compound und Blend	909
2.2.1.2.6.2.2	Eigenschaften	909
2.2.1.2.6.2.2.1	Thermo-Mechanische Eigenschaften	910
2.2.1.2.6.2.2.2	Beständigkeit und Sperrfähigkeit	917
2.2.1.2.6.2.2.3	Elektrische und optische Eigenschaften	921
2.2.1.2.6.2.3	Verarbeitung und Anwendung	922
2.2.1.2.6.2.3.1	Urformen	923
2.2.1.2.6.2.3.2	Umformen	924
2.2.1.2.6.2.3.3	Fügen	924
2.2.1.2.6.2.3.4	Veredelung	925
2.2.1.2.6.2.4	Gesundheit und Umwelt	925
2.2.1.2.6.2.5	Handelsnamen	925
	Literatur Kapitel 2.2.1.2.6.2	926
2.2.1.2.6.3	Polyphenylensulfid (PPS)	926
2.2.1.2.6.3.1	Synthese und Compoundierung	926
2.2.1.2.6.3.1.1	Synthese	926
2.2.1.2.6.3.1.2	Struktur und Morphologie	926
2.2.1.2.6.3.1.3	Compound und Blend	927
2.2.1.2.6.3.2	Eigenschaften	927
2.2.1.2.6.3.2.1	Thermo-Mechanische Eigenschaften	930
2.2.1.2.6.3.2.2	Beständigkeit und Sperrfähigkeit	939

2.2.1.2.6.3.2.3	Elektrische, optische und akustische Eigenschaften	940
2.2.1.2.6.3.3	Verarbeitung und Anwendung	941
2.2.1.2.6.3.3.1	Urformen	942
2.2.1.2.6.3.3.2	Umformen	945
2.2.1.2.6.3.3.3	Fügen	946
2.2.1.2.6.3.3.4	Veredeln	947
2.2.1.2.6.3.4	Gesundheit und Umwelt	948
2.2.1.2.6.3.5	Handelsnamen	948
2.2.1.2.6.3.6	Literatur Kapitel 2.2.1.2.6.3	948
2.2.1.2.7	Polyetherketone	949
2.2.1.2.7.1	Aromatische Polyetherketone (PEK, PEEK)	949
2.2.1.2.7.2	Aliphatische Polyetherketone (PEK)	967
	Literatur Kapitel 2.2.1.2.7	976
2.2.1.2.8	Hochwärmestabile duro- und thermoplastische Polykondensate und Polyaddukte	977
2.2.1.2.8.1	Polyimide (PI)	980
2.2.1.2.8.1.1	Standard-Polyimid (PI)	982
2.2.1.2.8.1.2	Copolyimide	995
2.2.1.2.8.1.2.1	Poly-oxadiazobenzimidazol	995
2.2.1.2.8.1.2.2	Polybenzimidazol (PBI)	995
2.2.1.2.8.1.3	Gemischt ein- und zweibindige Polymere	998
2.2.1.2.8.1.3.1	Polybismaleinimid	998
2.2.1.2.8.1.3.2	Polyamidimid (PAI)	1007
2.2.1.2.8.1.3.3	Polyetherimid (PEI)	1017
2.2.1.2.8.1.3.4	Polyesterimid	1028
2.2.1.2.8.2	Literatur – Kapitel 2.2.1.2.8	1029
2.2.2	Duroplastische Polykondensate	1031
2.2.2.1	Phenolharze (Phenoplaste, PF-Harze)	1033
2.2.2.1.1	Allgemeines	1033
2.2.2.1.1.1	Historie	1033
2.2.2.1.1.1.1	Chemie	1034
2.2.2.1.1.2	Novolake	1034
2.2.2.1.1.3	Resole	1037
2.2.2.1.1.4	Herstellung	1038
2.2.2.1.1.5	Umwelt	1039
2.2.2.1.1.5.1	Rohstoffe	1039
2.2.2.1.1.5.2	Recycling	1039
	Literatur	1040
2.2.2.1.2	Anwendungen von Phenolharzen	1040
2.2.2.1.2.1	Härtbare PF-Formmassen	1041
2.2.2.1.2.1.1	Struktur und allgemeine Eigenschaften	1041
2.2.2.1.2.1.2	Aufbereitung/Compoundierung	1049
2.2.2.1.2.1.3	Verarbeitung	1049
	Literatur	1051
2.2.2.1.2.2	Holzwerkstoffe	1051
2.2.2.1.2.3	Lamine	1052
2.2.2.1.2.4	Dämmstoffe	1053

2.2.2.1.2.4.1	Mineralwolle	1053
2.2.2.1.2.4.2	Phenolharzschäume	1053
2.2.2.1.2.5	Schleifmittel	1054
2.2.2.1.2.6	Reibbeläge	1055
2.2.2.1.2.7	Feuerfestmaterialien	1056
2.2.2.1.2.8	Kohlenstoffbauteile	1056
2.2.2.1.2.9	Textilvlies	1056
2.2.2.1.2.10	Coatings	1057
2.2.2.1.2.11	Gummi	1057
2.2.2.1.2.12	Gießerei	1058
2.2.2.1.2.13	Sonstige Anwendungen	1058
2.2.2.1.2.14	Zukunft	1058
	Literatur	1059
2.2.2.2	Harnstoff/Formaldehyd-Kunststoffe (Aminoplaste) (UF)	1059
2.2.2.2.1	Härtbare UF-Formmassen	1060
2.2.2.2.2	Technische Harnstoffharze	1066
2.2.2.3	Melamin/Formaldehyd-Kunststoffe (MF)	1067
2.2.2.3.1	Härtbare MF-Formmassen	1068
2.2.2.3.2	Modifizierte MF-Formmassen	1071
2.2.2.3.2.1	Härtbare Melamin/Phenol/Formaldehyd-Formmassen	1071
2.2.2.3.2.2	Technische Melaminharze	1072
2.2.2.4	Ungesättigte Polyesterharze (UP)	1073
2.2.2.4.1	Synthese und Compoundierung	1075
2.2.2.4.1.1	Synthese	1075
2.2.2.4.1.2	Struktur und Morphologie	1081
2.2.2.4.1.3	Compound und Blend	1082
2.2.2.4.2	Eigenschaften	1085
2.2.2.4.2.1	Thermo-Mechanische Eigenschaften	1085
2.2.2.4.2.2	Beständigkeit und Sperrfähigkeit	1096
2.2.2.4.2.3	Elektrische, optische und akustische Eigenschaften	1098
2.2.2.4.3	Verarbeitung und Anwendung	1105
2.2.2.4.3.1	Pultrusion (Strangziehverfahren)	1107
2.2.2.4.3.2	Umformen	1116
2.2.2.4.3.3	Bearbeiten	1117
2.2.2.4.3.4	Fügen	1117
2.2.2.4.3.5	Veredeln	1118
2.2.2.4.3.6	Anwendungsbeispiele	1118
2.2.2.4.4	Sicherheit, Umwelt und Recycling	1118
2.2.2.4.5	Sortiment	1120
2.2.2.4.6	Literatur – Kapitel 2.2.2.4	1122
2.2.2.5	Verwandte Reaktionsharz-Formmassen	1123
2.2.2.5.1	Alkydharz-Formmassen	1123
2.2.2.5.2	Polydiallylphthalat-Formmassen (PDAP)	1123
2.2.2.6	Silicone (SI)	1127
2.2.2.6.1	Einleitung	1127
2.2.2.6.2	Herstellung	1128

2.2.2.6.2.1	Müller-Rochow-Synthese	1128
2.2.2.6.3	Siliconöle	1130
2.2.2.6.4	Siliconharze	1131
2.2.2.6.5	RTV-2 Siliconkautschuke	1133
2.2.2.6.6	RTV-1 Siliconkautschuke	1135
2.2.2.6.7	HTV-Siliconkautschuke	1136
2.2.2.6.8	Zusammenfassung der Eigenschaften der Silicone	1138
2.2.2.6.9	Markt und Anwendungen für Silicone	1139
2.2.2.6.10	Literatur – Kapitel 2.2.2.6.1 – 2.2.2.6.9	1140
2.2.2.6.11	Härtbare Siliconharz-Formmassen	1141
2.2.2.6.12	Literatur – Kapitel 2.2.2.6.11	1145
2.3	Polyaddukte	1147
2.3.1	Duroplastische Polyaddukte	1147
2.3.1.1	Epoxidharze (EP)	1148
2.3.1.2	Technische Epoxidharze	1148
2.3.1.3	Prepregs	1169
2.3.2	Polyurethane	1170
2.3.2.1	Vernetzte Polyurethane (PUR)	1170
2.3.2.1.1	Isocyanatharze	1171
2.3.2.1.2	Polyurethan-Gießharz	1178
2.3.2.1.3	PUR-Integralschaumstoffe	1183
2.3.2.2	Thermoplastische Polyurethan-Elastomere (TPE-U)	1189
2.3.2.2.1	Thermoplastische Polyaddukte	1199
2.3.2.2.1.1	Lineare Polyurethane	1199
2.3.3	Literatur – Kapitel 2.3	1200
3	Elastomere	1203
3.1	Marktwirtschaftliche Betrachtungen	1203
3.2	Compounding	1205
3.2.1	Füllstoffe	1205
3.2.2	Alterungsschutz	1206
3.2.3	Weichmacher	1208
3.2.4	Vernetzungssysteme	1210
3.2.4.1	Schwefelvernetzung	1212
3.2.4.2	Peroxidvernetzung	1214
3.3	Verarbeitung	1215
3.4	Elastomere Werkstoffeigenschaften	1215
3.4.1	Medieneinfluss	1216
3.4.2	Temperatur	1218
3.5	Umwelt und Gesundheit	1221

3.6	Elastomere Werkstoffe	1223
3.6.1	Naturkautschuk (NR)	1223
3.6.1.1	Struktur	1223
3.6.1.2	Eigenschaften	1223
3.6.1.3	Verarbeitung	1224
3.6.1.4	Anwendung	1225
3.6.1.5	Handelsnamen	1225
3.6.2	Butadienkautschuk (BR)	1225
3.6.2.1	Struktur	1225
3.6.2.2	Eigenschaften	1227
3.6.2.3	Verarbeitung	1227
3.6.2.4	Anwendung	1228
3.6.2.5	Handelsnamen	1228
3.6.3	Styrolbutadienkautschuk (SBR)	1228
3.6.3.1	Struktur	1228
3.6.3.2	Eigenschaften	1229
3.6.3.3	Verarbeitung	1229
3.6.3.4	Anwendung	1230
3.6.3.5	Handelsnamen	1230
3.6.4	Chlorbutadienkautschuk (CR)	1231
3.6.4.1	Struktur	1231
3.6.4.2	Eigenschaften	1231
3.6.4.3	Verarbeitung	1232
3.6.4.4	Anwendung	1232
3.6.4.5	Handelsnamen	1233
3.6.5	Acrylnitrilbutadienkautschuk (NBR)	1233
3.6.5.1	Struktur	1233
3.6.5.2	Eigenschaften	1233
3.6.5.3	Verarbeitung	1235
3.6.5.4	Anwendung	1235
3.6.5.5	Handelsnamen	1236
3.6.6	Hydrierter Acrylnitrilbutadienkautschuk (HNBR)	1236
3.6.6.1	Struktur	1236
3.6.6.2	Eigenschaften	1236
3.6.6.3	Verarbeitung	1237
3.6.6.4	Anwendung	1237
3.6.6.5	Handelsnamen	1237
3.6.7	Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk (EPDM)	1237
3.6.7.1	Struktur	1237
3.6.7.2	Eigenschaften	1238
3.6.7.3	Verarbeitung	1239
3.6.7.4	Anwendung	1240
3.6.7.5	Handelsnamen	1240
3.6.8	Butylkautschuk (IIR) und halogenierter Butylkautschuk (XIIR)	1240
3.6.8.1	Struktur	1240
3.6.8.2	Eigenschaften	1241

3.6.8.3	Verarbeitung	1242
3.6.8.4	Anwendung	1242
3.6.8.5	Handelsnamen	1243
3.6.9	Ethylenoxid-Epichlorhydrin-Kautschuk (ECO)	1243
3.6.9.1	Struktur	1243
3.6.9.2	Eigenschaften	1243
3.6.9.3	Verarbeitung	1244
3.6.9.4	Anwendung	1244
3.6.9.5	Handelsnamen	1244
3.6.10	Acrylatkautschuk (ACM)	1245
3.6.10.1	Struktur	1245
3.6.10.2	Eigenschaften	1245
3.6.10.3	Verarbeitung	1246
3.6.10.4	Anwendung	1246
3.6.10.5	Handelsnamen	1247
3.6.11	Ethylenacrylatkautschuk (AEM)	1247
3.6.11.1	Struktur	1247
3.6.11.2	Eigenschaften	1247
3.6.11.3	Verarbeitung	1248
3.6.11.4	Anwendung	1248
3.6.11.5	Handelsnamen	1248
3.6.12	Fluorkautschuk (FKM)	1248
3.6.12.1	Struktur	1248
3.6.12.2	Eigenschaften	1250
3.6.12.3	Verarbeitung	1250
3.6.12.4	Anwendung	1251
3.6.12.5	Handelsnamen	1251
3.6.13	Perfluorkautschuk (FFKM)	1252
3.6.13.1	Struktur	1252
3.6.13.2	Eigenschaften	1252
3.6.13.3	Verarbeitung	1252
3.6.13.4	Anwendung	1253
3.6.13.5	Handelsnamen	1253
3.6.14	Silikonkautschuk	1253
3.6.14.1	Struktur	1253
3.6.14.2	Eigenschaften	1254
3.6.14.3	Verarbeitung	1255
3.6.14.4	Anwendung	1256
3.6.14.5	Handelsnamen	1256
3.6.15	Polyurethan (AU, EU)	1256
3.6.15.1	Struktur	1256
3.6.15.2	Eigenschaften	1257
3.6.15.3	Verarbeitung	1258
3.6.15.4	Anwendung	1258
3.6.15.5	Handelsnamen	1258

3.7 Chemikalienbeständigkeit der Polymere	1258
3.8 Literatur	1268
4 Spezialkunststoffe	1269
4.1 Biopolymere	1269
4.1.1 Rohstoffe für biobasierte Monomere und Polymere ..	1270
4.1.2 Stärke und Derivate	1272
Literatur – Kapitel 4.1.2	1277
4.1.3 Polymilchsäure (PLA)	1277
Literatur – Kapitel 4.1.3	1279
4.1.4 Polyhydroxyfettsäuren (PHF)	1280
Literatur – Kapitel 4.1.4	1283
4.1.5 Cellulose und Cellulosederivate	1283
Vulkanfiber (VF)	1284
Kunststoffe aus abgewandelter Cellulose	1286
Celluloseester aus anorganischen Säuren	1286
Cellulosenitrat (CN)	1286
Celluloseester aus aliphatischen Carbonsäuren	1289
Celluloseacetat (CA)	1290
Cellulosepropionat (CP)	1297
Celluloseacetobutyrat (CAB)	1301
Literatur – Kapitel 4.1.5	1304
4.1.6 Thermoplaste auf Ligninbasis	1304
Literatur – Kapitel 4.1.6	1307
4.1.7 Duroplaste auf Basis nachwachsender Rohstoffe ..	1307
4.1.7.1 Polyurethane (mit Polyolen auf Basis natürlicher Öle/Fette)	1307
4.1.7.2 Epoxyacrylate auf Basis nachwachsender Rohstoffe ..	1308
4.1.7.3 Weitere Duroplaste und Duroplastanteile auf Basis pflanzlicher Fette und Öle	1309
Literatur – Kapitel 4.1.7	1309
4.1.8 Naturfaser-Komposite	1309
4.1.8.1 Steigendes Marktinteresse	1309
4.1.8.2 Definition der Biokomposite	1310
4.1.8.2.1 Wood Plastic Composites (WPC)	1310
4.1.8.2.2 Naturfaserverstärkte Kunststoffe (NFK)	1310
4.1.8.3 Zuliefererstrukturen für Naturfasern	1311
4.1.8.4 Matrixmaterialien	1311
4.1.8.4.1 Einleitung	1311
4.1.8.5 Biopolymere	1312
4.1.8.5.1 Überblick über die heute verwendeten Matrixmaterialien	1312
4.1.8.6 Verstärkungsfasern	1313
4.1.8.6.1 Einleitung	1313

4.1.8.6.2	Faserarten	1314
4.1.8.6.2.1	Holzmehl	1314
4.1.8.6.2.2	Holzfasern	1315
4.1.8.6.2.3	Naturfasern	1315
4.1.8.6.2.4	Bastfasern	1315
4.1.8.6.2.5	Cellulosische Chemiefasern aus regenerierter Cellulose	1316
4.1.8.7	Additive und Zuschlagstoffe	1317
4.1.8.7.1	Faser-Matrixhaftung	1317
4.1.8.7.2	Verarbeitungshilfsstoffe	1317
4.1.8.7.2.1	Gleitmittel	1317
4.1.8.7.2.2	Stabilisatoren und Funktionsadditive	1318
4.1.8.8	Verarbeitung	1318
4.1.8.8.1	Aufbereitung und Compoundierung	1318
4.1.8.8.1.1	Einleitung	1318
4.1.8.8.1.2	Überlegungen zur Anlagenkonfiguration	1319
4.1.8.8.1	Profilextrusion	1320
4.1.8.8.1.1	Einleitung	1320
4.1.8.8.1.2	Verarbeitungseigenschaften	1320
4.1.8.8.2	Spritzgießverarbeitung	1321
4.1.8.8.2.1	Allgemeines	1321
4.1.8.8.2.1	Verarbeitungseigenschaften	1322
4.1.8.8.4	Fügen	1323
4.1.8.9	Eigenschaften	1324
4.1.8.9.1.1	Mechanischen Eigenschaften	1324
4.1.8.9.1.3	E-Modul von holzfaserverstärkten Kompositen	1325
4.1.8.9.1.3	E-Modul von hanffaserverstärkten Kompositen	1327
4.1.8.9.1.4	Festigkeiten von holzfaserverstärkten Kompositen ..	1327
4.1.8.9.1.5	Schlagzähigkeiten von holzfaserverstärkten Kompositen	1327
4.1.8.9.1.6	Bruchdehnung von hanffaserverstärkten Kompositen	1328
4.1.8.9.2	Wasseraufnahme	1328
4.1.8.9.3	Dielektrische Eigenschaften von Naturfaser-Compounds	1329
4.1.8.9.4	Emissionen	1330
4.1.8.9.5	Optisches Erscheinungsbild	1331
4.1.8.9.6	Anwendungen	1332
4.1.8.10	Wirtschaftliche Betrachtung und Marktbedeutung ..	1332
4.1.8.11	Literatur – Kapitel 4.1.8	1333
4.2	Elektrisch leitfähige Polymere	1334
4.2.1	Intrinsisch leitfähige Polymere	1334
4.2.2	Elektrisch leitfähige gefüllte Polymere	1336
4.2.2.1	Eigenschaften	1336
4.2.3	Elektrisch leitfähige beschichtete Polymere	1343
4.2.4	Literatur – Kapitel 4.2	1344

Inhalt	XXV
5 Anhang	1347
5.1 Kurzzeichen für Kunststoffe	1348
5.2 Kunststoffkennwerte, Tabellenverzeichnis	1375
6 Datenbanken	1401
6.1 Datenbankanbieter	1401
6.2 Patentdatenbanken	1402
6.3 Weitere Internetquellen:	1403
Handelsnamenverzeichnis	1407
Kunststoff- und Hilfsstoffverzeichnis	1423
Stichwortverzeichnis	1441