

# Inhalt

<b>Kunststoffübersicht (synthetische Kunststoffe)</b> . . . . .	XXV
<b>1 Einführung in Polymer Engineering</b> . . . . .	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 . . . . .	14
1.1.5.1 Wirtschaftsdaten zu Thermoplasten . . . . .	14
1.1.5.2 Wirtschaftsdaten zu Duroplasten . . . . .	14
1.1.5.3 Wirtschaftsdaten zu Elastomeren . . . . .	14
1.1.5.4 Preisspanne für Kunststoffe . . . . .	16
Literatur – Kapitel 1.1 . . . . .	17
1.2 Synthese (Herstellung, Erzeugung) von Kunststoffen . . . . .	17
1.2.1 Übersicht Polymerisation . . . . .	17
1.2.2 Zuordnung von Kunststoffen zu Polymerisationsarten . .	19
1.2.3 Polymerisationen . . . . .	21
1.2.3.1 Additionspolymerisation . . . . .	21
1.2.3.1.1 Kettenreaktion (im deutschen Sprachraum früher: Polymerisation) . . . . .	21
1.2.4 Einflüsse der Polymerisation auf die Werkstoff- eigenschaften . . . . .	27
1.2.5 Duroplaste (technische Harze) . . . . .	29
1.2.6 Abgewandelte Naturstoffe . . . . .	31
1.2.6.1 Kunststoffe auf Cellulosebasis . . . . .	31
1.2.6.2 Kunststoffe auf Proteinbasis . . . . .	32
1.2.6.3 Kunststoffe auf Ligninbasis . . . . .	32
1.2.7 Kunststofferzeugung (verfahrenstechnische Prozesse) . .	33
Literatur – Kapitel 1.2 . . . . .	33
1.3 Eigenschaften von Kunststoffen in Bauteilen . . . . .	34
1.3.1 Aufbau der Kunststoffe . . . . .	35
1.3.1.1 Chemische Ordnungszustände . . . . .	37

1.3.1.2	Physikalische Ordnungszustände . . . . .	52
1.3.2	Mechanische Eigenschaften . . . . .	57
1.3.2.1	Temperaturabhängigkeit der mechanischen Eigenschaften . . . . .	57
1.3.2.2	Verformungsverhalten von Kunststoffen . . . . .	61
1.3.2.3	Verhalten bei Zugbelastung . . . . .	63
1.3.2.4	Mechanische Dämpfung . . . . .	66
1.3.2.5	Zeitabhängigkeit der mechanischen Eigenschaften . .	67
1.3.3	Weitere physikalische Eigenschaften . . . . .	70
1.3.4	Chemische Eigenschaften . . . . .	74
1.3.4.1	Beständigkeit gegen Chemikalien/Medien . . . . .	74
1.3.4.2	Alterung und Beständigkeit von Kunststoffen . . . . .	78
1.3.4.3	Schutzmaßnahmen gegen Alterungsvorgänge . . . . .	81
1.3.5	Zusatzstoffe für Kunststoffe . . . . .	81
	Literatur – Kapitel 1.3 . . . . .	82
1.4	Verarbeitung (Urformen) von Kunststoffen zu Bauteilen . . . . .	84
1.4.1	Aufbereitung und Zusatzstoffe (Additive) . . . . .	84
1.4.2	Verarbeitung von Kunststoffschmelzen . . . . .	91
1.4.2.1	Fließeigenschaften von Schmelzen . . . . .	92
1.4.2.2	Verformungsverhalten von Schmelzen . . . . .	96
1.4.3	Verarbeitung von Thermoplasten . . . . .	97
1.4.3.1	Spritzgießen . . . . .	100
1.4.3.2	Extrudieren . . . . .	107
1.4.3.3	Verarbeitungstechniken thermoplastischer Faserverbundwerkstoffe . . . . .	111
1.4.4	Verarbeitung von thermoplastischen Elastomeren . . .	116
1.4.5	Verarbeitung von Elastomeren . . . . .	118
1.4.5.1	Formgebung (Rohlingsverarbeitung) und Vernetzung (Vulkanisation) . . . . .	119
1.4.6	Verarbeitung von Duroplasten . . . . .	120
1.4.6.1	Verarbeitungsprinzip . . . . .	120
1.4.6.2	Typisierung von Duroplasten (härtbare Formmassen)	123
1.4.6.3	Einteilung der Verarbeitungsverfahren . . . . .	124
1.4.7	Verarbeitungseinflüsse auf Bauteileigenschaften . . . .	124
1.4.7.1	Bauteileigenschaften . . . . .	126
1.4.7.2	Einflüsse des Verfahrens und des Kunststoffes auf die Bauteileigenschaften . . . . .	130
1.4.7.2.1	Thermoplaste und thermoplastische Elastomere: Molekül-Orientierungen . . . . .	131
	Literatur – Kapitel 1.4 . . . . .	142
1.5	Kunststoffe und Bauteile – Umwelt und Recycling . . . . .	146
1.5.1	Kreislaufwirtschaft und Recycling . . . . .	146
1.5.1.1	Bauteil-Wiederverwendung . . . . .	147
1.5.1.2	Möglichkeiten der werkstofflichen Kreislaufführung .	148

1.5.3.1	Rohstoffliche Kreislaufführung . . . . .	149
1.5.3.2	Verbrennung . . . . .	149
1.5.1.4.1	Verbrennungskonzepte und -aggregate . . . . .	150
1.5.1.4.2	Verbrennung in Kraftwerken . . . . .	151
1.5.1.4.3	Verbrennung in Müllverbrennungsanlagen . . . . .	151
1.5.1.5	Ausblick . . . . .	151
1.5.2	Umweltbewertung und -bilanzierung von Kunststoffen	152
1.5.2.1	Ganzheitliche Bilanzierung . . . . .	153
	Literatur Kapitel 1.5 . . . . .	154
1.6	Ausblick zu Polymer Engineering . . . . .	156
1.6.1	Werkstoffherstellung, Synthese . . . . .	156
1.6.2	Werkstoffeigenschaften . . . . .	157
1.6.3	Verarbeitung, Verfahrenstechnik . . . . .	157
1.6.4	Werkzeugtechnik . . . . .	158
1.6.5	Konstruktion, Berechnung . . . . .	158
1.6.6	Oberflächentechnik . . . . .	159
1.6.7	Qualitätsmanagement . . . . .	159
1.6.8	Serienfertigung . . . . .	160
1.6.9	Umweltaspekte, Recycling, Entsorgung . . . . .	160
1.6.10	Ausbildung . . . . .	161
	Literatur – Kapitel 1.6 . . . . .	161
<b>2</b>	<b>Synthetische Kunststoffe . . . . .</b>	<b>163</b>
2.1	Thermoplastische Polymere . . . . .	163
2.1.1	Polyolefine (PO) . . . . .	165
2.1.1.1	Polyethylen (PE) . . . . .	167
2.1.1.1.1	PE-LD und PE-HD . . . . .	173
2.1.1.1.2	PE-LLD . . . . .	209
2.1.1.1.3	PE-UHMW . . . . .	218
2.1.1.1.4	Polyethylen-Modifikationen . . . . .	224
2.1.1.1.4.1	Vernetztes Polyethylen (PEX) . . . . .	224
2.1.1.1.4.2	Chlorierte Polyolefine . . . . .	228
2.1.1.1.4.2.1	Chloriertes Polyethylen (PE-C) (thermoplastisches Elastomer) . . . . .	228
2.1.1.1.4.2.2	Vernetzte chlorierte Polyolefine (PE-CX) . . . . .	232
2.1.1.1.4.3	Sulfochloriertes Polyethylen . . . . .	233
2.1.1.1.4.4	Phosphorylierung, Sulfophosphorylierung, Sulfierung, Oxidation . . . . .	233
2.1.1.1.4.5	Copolymere des Ethylens . . . . .	234
2.1.1.1.4.5.1	Ethylen/Vinylacetat-Copolymere (EVAC) . . . . .	234
2.1.1.1.4.5.2	Ethylen/Vinylalkohol-Copolymere (EVOH) . . . . .	239
2.1.1.1.4.5.3	Ethylen/Ethylacrylat-Copolymere (EEAK) . . . . .	240
2.1.1.1.4.5.4	Ethylen/Methacrylat-Copolymere (EMA) . . . . .	242
2.1.1.1.4.5.5	Ethylen/Acrylsäure-Copolymere (EAA) . . . . .	243

2.1.1.1.4.5.6	Ethylen/Butylarcrylat-Copolymere (EBA)	244
2.1.1.1.4.6	Abbaubare Polyethylene und andere Kunststoffe	245
2.1.1.1.5	Literatur – Kapitel 2.1.1.1	246
2.1.1.2	Polypropylen (PP)	247
2.1.1.2.1	Synthese und Compoundierung	248
2.1.1.2.1.1	Synthese	248
2.1.1.2.1.2	Struktur und Morphologie	250
2.1.1.2.1.3	Compound und Blend	256
2.1.1.2.2	Eigenschaften	261
2.1.1.2.2.1	Thermo-Mechanische Eigenschaften	261
2.1.1.2.2.2	Beständigkeit und Sperrfähigkeit	272
2.1.1.2.2.3	Elektrische, optische, akustische Eigenschaften	273
2.1.1.2.3	Verarbeitung und Anwendung	274
2.1.1.2.3.1	Urformen	275
2.1.1.2.3.2	Umformen	278
2.1.1.2.3.3	Fügen	278
2.1.1.2.3.4	Veredelung	279
2.1.1.2.4	Gesundheit und Umwelt	279
2.1.1.2.5	Handelsnamen	284
2.1.1.2.6	Literatur – Kapitel 2.1.1.2	286
2.1.1.3	Polybuten-1 (PB)	289
2.1.1.4	Polyisobutylen (PIB)	296
2.1.1.5	Poly-4-methylpenten-1 (PMP)	299
2.1.1.6	Andere aliphatische Polyolefine	303
2.1.1.7	Ionomere	304
2.1.1.8	Cycloolefinpolymere (COC)	308
2.1.1.9	Verbundwerkstoffe auf Basis Kohlenstoff-Polyolefine	314
	Literatur – Kapitel 2.1.1.3–2.1.1.9	315
2.1.2	Vinylpolymere	317
2.1.2.1	Polyvinylchlorid (PVC)	318
2.1.2.1.1	Synthese und Compoundierung	318
2.1.2.1.1.1	Synthese	318
2.1.2.1.1.2	Struktur	320
2.1.2.1.1.3	Rohstoffeigenschaften	320
2.1.2.1.1.4	Additive und Zuschlagstoffe	322
2.1.2.1.1.5	Compound und Blend	328
2.1.2.1.2	Eigenschaften	329
2.1.2.1.2.1	Thermo-Mechanische Eigenschaften	329
2.1.2.1.2.2	Beständigkeiten und Sperrfähigkeit	341
2.1.2.1.2.3	Elektrische und optische Eigenschaften	344
2.1.2.1.2.4	Sonstige Eigenschaften	348
2.1.2.1.3	Verarbeitung und Anwendung	348
2.1.2.1.3.1	Urformen	351
2.1.2.1.3.2	Pastenverarbeitung	352
2.1.2.1.3.3	Schäumen	353
2.1.2.1.3.4	Bearbeiten	353
2.1.2.1.3.5	Fügen	353

2.1.2.1.3.6	Veredelung . . . . .	356
2.1.2.1.3.7	Anwendungsbeispiele . . . . .	356
2.1.2.1.4	Sicherheit, Umwelt und Recycling . . . . .	358
2.1.2.1.4.1	Sicherheit . . . . .	358
2.1.2.1.4.2	Recycling . . . . .	359
2.1.2.1.5	Sortiment . . . . .	363
2.1.2.1.5.1	Lieferformen . . . . .	363
2.1.2.1.5.2	Typisierung . . . . .	363
2.1.2.1.5.3	Handelsnamen . . . . .	363
2.1.2.1.6	Literatur – Kapitel 2.1.2.1 . . . . .	364
2.1.2.2	Polyvinylchlorid-Modifikationen . . . . .	365
2.1.2.2.1	Erhöhung der Schlagzähigkeit . . . . .	367
2.1.2.2.2	Höhere Wärmeformbeständigkeit . . . . .	375
2.1.2.2.3	Modifikationen mit speziellen PVC-Typen . . . . .	378
2.1.2.2.3.1	PVC-Modifikationen mit VC-VAc-Copolymeren . . . . .	379
2.1.2.2.3.2	PVC-Modifikationen mit speziellen E-PVC-Typen . . . . .	381
2.1.2.2.3.3	Oberflächenmodifizierung mit „hochmolekularem PVC“ . . . . .	383
2.1.2.2.3.4	PVC-Modifikation mit kautschukreichen PVC-Pfropfpolymeren . . . . .	384
2.1.2.2.4	Barriereeigenschaftsänderungen mit Mehrschichtfolien . . . . .	387
2.1.2.2.5	PVC-Naturfaser-Verbunde . . . . .	397
2.1.3	Styrolpolymere (PS) . . . . .	405
2.1.3.1	Styrol-Homopolymere (PS) . . . . .	407
2.1.3.2	Styrol-Copolymere . . . . .	424
2.1.3.2.1	Schlagzähmodifizierte Polystyrole . . . . .	426
2.1.3.2.1.1	Styrol/Butadien-Pfropfcopolymere (SB) . . . . .	429
2.1.3.2.1.2	Styrol/Butadien/Styrol-Blockcopolymere (SBS) . . . . .	438
2.1.3.2.1.3	Thermoplastische Styrol/Butadien-Elastomere (SBS-TE) . . . . .	449
2.1.3.2.1.4	Styrol/ $\alpha$ -Methylstyrolcopolymere (S/MS) . . . . .	455
2.1.3.2.2	Styrol/Acrylnitrilcopolymere (SAN) . . . . .	456
2.1.3.2.2.1	SAN-Modifikationen . . . . .	469
2.1.3.2.2.1.1	Acrylnitril/Polybutadien/Styrolpfropfpolymeren (ABS) . . . . .	469
2.1.3.2.2.1.2	Propfcopolymere aus MMA, SB und ABS (MABS) . . . . .	479
2.1.3.2.3.1	Polymerblends aus (ABS + PC) . . . . .	484
2.1.3.2.3.2	Acrylnitril/Styrol/Acrylester-Pfropfcopolymere (ASA) . . . . .	491
2.1.3.2.3.3	Polymerblends aus ASA und Polycarbonat (ASA + PC) . . . . .	504
2.1.3.3	Literatur – Kapitel 2.1.3 . . . . .	509
2.1.4	Polyacrylate . . . . .	511
2.1.4.1	Polyacrylnitril (PAN) . . . . .	512
2.1.4.1.1	Synthese und Compoundierung . . . . .	512
2.1.4.1.1.1	Synthese . . . . .	512
2.1.4.1.1.2	Struktur und Morphologie . . . . .	513
2.1.4.1.2	Eigenschaften . . . . .	513
2.1.4.2	Acrylnitril-Copolymere mit geringer Gasdurch- lässigkeit (Barriere-Kunststoffe) . . . . .	514
2.1.4.2.1	Styrol/Acrylnitrilcopolymer SAN . . . . .	514
2.1.4.2.2	Acrylnitril-Methyl-Acrylat-Copolymerisate . . . . .	515

2.1.4.2.2.1	Eigenschaften . . . . .	515
2.1.4.2.2.2	Verarbeitung . . . . .	517
2.1.4.2.2.3	Handelsnamen . . . . .	517
2.1.4.3	Polymethylmethacrylat (PMMA) . . . . .	518
2.1.4.3.1	Synthese und Compoundierung . . . . .	518
2.1.4.3.2	Eigenschaften . . . . .	520
2.1.4.3.2.1	Thermo-mechanische Eigenschaften . . . . .	521
2.1.4.3.2.2	Beständigkeit und Sperrfähigkeit . . . . .	528
2.1.4.3.2.3	Elektrische, optische, akustische Eigenschaften . . . . .	531
2.1.4.3.3	Verarbeitung und Anwendung . . . . .	533
2.1.4.4	PMMA/ABS Blends . . . . .	536
2.1.4.5	Polymethylmethacrylimid (PMMI) . . . . .	537
2.1.4.6	MBS-Polymerisat . . . . .	537
2.1.4.7	Polymethacryl/Imid (PM/I) . . . . .	537
2.1.4.7.1	Synthese und Compoundierung . . . . .	537
2.1.4.7.1.1	Die Herstellung von ROHACELL® . . . . .	538
2.1.4.7.2	Eigenschaften . . . . .	538
2.1.4.8	Literatur – Kapitel 2.1.4 . . . . .	539
2.1.5	Polyacetal (POM) . . . . .	541
	Literatur – Kapitel 2.1.5 . . . . .	574
2.1.6	Fluorkunststoffe . . . . .	575
2.1.6.1	Polytetrafluorethylen (PTFE) . . . . .	576
2.1.6.2	Tetrafluorethylen/Hexafluorpropylencopolymer (FEP) . . . . .	597
2.1.6.3	Tetrafluorethylen/Ethylencopolymer (E/TFE) . . . . .	606
2.1.6.4	Polytrifluorchlorethylen (PCTFE) . . . . .	612
2.1.6.5	Polyvinylfluorid (PVF) . . . . .	617
2.1.6.6	Polyvinylidenfluorid (PVDF) . . . . .	620
2.1.6.7	Thermoplastische Fluorelastomere . . . . .	628
2.1.6.8	Literatur – Kapitel 2.1.6 . . . . .	629
2.2	Polykondensate . . . . .	631
2.2.1	Thermoplastische Polykondensate . . . . .	633
2.2.1.1	Polyamide (PA) . . . . .	638
2.2.1.1.1	Allgemeine Stoffbeschreibung . . . . .	638
2.2.1.1.1.1	Nomenklatur . . . . .	639
2.2.1.1.1.2	Aliphatische Polyamide . . . . .	641
2.2.1.1.1.2.1	Struktur und allgemeine Eigenschaften . . . . .	643
2.2.1.1.1.2.2	Eigenschaften . . . . .	650
2.2.1.1.1.2.3	Verarbeitung . . . . .	682
2.2.1.1.1.2.4	Sicherheit, Umwelt und Recycling . . . . .	689
2.2.1.1.1.3	Partiell aromatische Polyamide . . . . .	689
2.2.1.1.1.3.1	Polyarylamide: Arylamid PA MXD 6 . . . . .	689
2.2.1.1.1.3.1.1	Allgemeine Stoffbeschreibung, Synthese und Struktur . . . . .	689
2.2.1.1.1.3.1.2	Eigenschaften . . . . .	690
2.2.1.1.1.3.1.3	Verarbeitung . . . . .	694
2.2.1.1.1.3.2	Polyamid 6/6T . . . . .	694

2.2.1.1.3.2.1	Allgemeine Stoffbeschreibung, Struktur und allgemeine Eigenschaften . . . . .	694
2.2.1.1.3.2.2	Eigenschaften . . . . .	696
2.2.1.1.3.2.3	Beständigkeit . . . . .	706
2.2.1.1.3.2.4	Elektrische Eigenschaften . . . . .	706
2.2.1.1.3.2.5	Verarbeitung . . . . .	707
2.2.1.1.3.3	Polyphthalamid PPA . . . . .	711
2.2.1.1.3.3.1	Allgemeine Stoffbeschreibung, Struktur und allgemeine Eigenschaften . . . . .	711
2.2.1.1.3.3.2	Thermo-Mechanische Eigenschaften . . . . .	712
2.2.1.1.3.3.3	Beständigkeit . . . . .	720
2.2.1.1.3.3.4	Verarbeitung . . . . .	721
2.2.1.1.3.4	Weitere partiell aromatische Polyamide . . . . .	723
2.2.1.1.3.4.1	Eigenschaften . . . . .	723
2.2.1.1.4	Modifizierte Polyamide . . . . .	723
2.2.1.1.4.1	Flexible Polyamide . . . . .	725
2.2.1.1.4.1.1	Verarbeitung . . . . .	726
2.2.1.1.4.1.2	Anwendungsbeispiele . . . . .	726
2.2.1.1.4.2	Co-Polyamide . . . . .	726
2.2.1.1.4.2.1	Verarbeitung . . . . .	726
2.2.1.1.5	Thermoplastische Polyamid-Elastomere . . . . .	727
2.2.1.1.5.1	PA 12-Elastomere . . . . .	728
2.2.1.1.5.1.1	Allgemeine Stoffbeschreibung, Synthese und Struktur . . . . .	728
2.2.1.1.5.1.2	Thermo-Mechanische Eigenschaften . . . . .	729
2.2.1.1.5.1.3	Verarbeitung . . . . .	729
2.2.1.1.5.2	PA 11-Elastomer . . . . .	730
2.2.1.1.5.2.1	Allgemeine Stoffbeschreibung, Synthese und Struktur . . . . .	730
2.2.1.1.6	Guss-Polyamide und Polyamid-RIM-Systeme . . . . .	731
2.2.1.1.6.1	Allgemeine Eigenschaften . . . . .	731
2.2.1.1.6.1.1	Allgemeine Stoffbeschreibung, Synthese und Struktur . . . . .	731
2.2.1.1.6.1.2	Verarbeitung . . . . .	733
2.2.1.1.6.2	Gusspolyamid 6 . . . . .	736
2.2.1.1.6.2.1	Allgemeine Stoffbeschreibung . . . . .	736
2.2.1.1.6.2.2	Verarbeitung von $\epsilon$ -Carpolactam zu PA G-6 . . . . .	736
2.2.1.1.6.3	Gusspolyamid 6/12 (Copolymerisation) . . . . .	737
2.2.1.1.6.3.1	Allgemeine Stoffbeschreibung . . . . .	737
2.2.1.1.6.4	Elastomermodifiziertes Gusspolyamid 6 (Nyrim™) . . . . .	737
2.2.1.1.6.4.1	Allgemeine Stoffbeschreibung . . . . .	737
2.2.1.1.6.4.2	Verarbeitung . . . . .	738
2.2.1.1.6.4.3	Anwendungsbeispiele . . . . .	738
2.2.1.1.6.5	Gusspolyamid 12 . . . . .	738
2.2.1.1.6.5.1	Allgemeine Stoffbeschreibung . . . . .	738
2.2.1.1.6.5.2	Verarbeitung von Laurinlactam zu PA 12-G . . . . .	740
2.2.1.1.7	Polymermodifizierte Polyamide . . . . .	740
2.2.1.1.7.1	Allgemeine Stoffbeschreibung . . . . .	740
2.2.1.1.7.2	Verarbeitung . . . . .	743
2.2.1.1.8	Sortiment . . . . .	744

2.2.1.1.9	Literatur – Kapitel 2.2.1.1 bis 2.2.1.1.4.2 . . . . .	748
2.2.1.2	Thermoplastische Polyester . . . . .	748
2.2.1.2.1	Polycarbonat (PC) . . . . .	749
2.2.1.2.1.1	Verarbeitung und Anwendung . . . . .	770
	Urformen . . . . .	771
	Spritzgießen . . . . .	771
2.2.1.2.1.2	PC-Cokondensate . . . . .	796
2.2.1.2.1.2.1	Bisphenol A-Copolycarbonate . . . . .	796
2.2.1.2.1.2.2	Blockpolymerisation . . . . .	797
2.2.1.2.1.3	Entwicklungstrends bei aromatischen Polycarbonaten . . . . .	797
2.2.1.2.1.3.1	Polycarbonate für laseroptische Datenspeicherung	798
2.2.1.2.1.3.2	Polycarbonate für Lichtwellenleiter . . . . .	799
2.2.1.2.1.3.3	Erhöht wärmebeständige PC-Cokondensate (PEC)	800
2.2.1.2.1.3.4	Erhöht schlagzähe PC-Cokondensate . . . . .	801
2.2.1.2.1.4	Polycarbonatblends . . . . .	801
2.2.1.2.1.5	Polycarbonat + Styrolcopolymerblends (PC + ABS)-, (PC + ASA)- und (PC + SEBS)-Blends .	802
2.2.1.2.1.6	Polycarbonat + Polybutylenterephthalat-Blends (PC + PBT) . . . . .	814
2.2.1.2.1.7	Literatur – Kapitel 2.2.1.2–2.2.1.2.1.5 . . . . .	817
2.2.1.2.2	Polyalkylenterephthalate . . . . .	818
2.2.1.2.2.1	Polyethylenterephthalat (PET) . . . . .	819
2.2.1.2.2.1.1	Synthese . . . . .	821
2.2.1.2.2.1.2	Eigenschaften . . . . .	821
2.2.1.2.2.1.2.1	Struktur und Morphologie . . . . .	821
2.2.1.2.2.1.2.2	Merkmale von teilkristallinem PET . . . . .	822
2.2.1.2.2.1.2.3	Thermische und Mechanische Eigenschaften . . .	823
2.2.1.2.2.1.2.4	Beständigkeiten . . . . .	831
2.2.1.2.2.1.2.5	Elektrische, optische und akustische Eigenschaften	835
2.2.1.2.2.1.3	Verarbeitung und Compounding . . . . .	836
2.2.1.2.2.1.3.1	Additive und Zuschlagstoffe . . . . .	836
2.2.1.2.2.1.3.2	Verarbeitungsbedingte Polymer-Abbau- mechanismen . . . . .	840
2.2.1.2.2.1.4	Verarbeitung und Anwendung . . . . .	841
2.2.1.2.2.1.4.1	Bestimmung der intrinsischen Viskosität . . . . .	841
2.2.1.2.2.1.4.2	Feuchtegehaltmessung . . . . .	841
2.2.1.2.2.1.4.3	Trocknung . . . . .	842
2.2.1.2.2.1.4.4	Thermoplastische Verarbeitung von PET . . . . .	843
2.2.1.2.2.1.4.5	Urformen . . . . .	843
2.2.1.2.2.1.4.6	Umformen, Fügen und Trennen . . . . .	846
2.2.1.2.2.1.4.7	Spanende Verarbeitung . . . . .	847
2.2.1.2.2.1.4.8	Veredelung . . . . .	847
2.2.1.2.2.1.4.9	Verschäumen von PET . . . . .	847
2.2.1.2.2.1.4.10	Anwendungsbeispiele . . . . .	848
2.2.1.2.2.1.5	Sicherheit, Umwelt und Recycling . . . . .	849
2.2.1.2.2.1.5.1	Verarbeitung, Arbeitsplatz . . . . .	849



2.2.1.2.2.1.5.2	Brandverhalten . . . . .	849
2.2.1.2.2.1.5.3	Produkte . . . . .	849
2.2.1.2.2.1.5.4	Recycling . . . . .	850
2.2.1.2.2.1.5.4.1	Werkstoffliches Recycling . . . . .	850
2.2.1.2.2.1.5.4.2	Rohstoffliches Recycling . . . . .	852
2.2.1.2.2.1.5.4.3	Energetisches Recycling . . . . .	852
2.2.1.2.2.1.6	Handelsnamen . . . . .	852
2.2.1.2.2.1.7	Lieferformen . . . . .	854
2.2.1.2.2.1.8	Literatur – Kapitel 2.2.1.2.2.1 . . . . .	854
2.2.1.2.2.2	Polybutylenterephthalat (PBT) . . . . .	855
2.2.1.2.2.2.1	Synthese und Compoundierung . . . . .	856
2.2.1.2.2.2.1.1	Synthese . . . . .	856
2.2.1.2.2.2.1.2	Struktur und Morphologie . . . . .	856
2.2.1.2.2.2.1.3	Compound und Blend . . . . .	856
2.2.1.2.2.2.2	Eigenschaften . . . . .	857
2.2.1.2.2.2.2.1	Thermo-Mechanische Eigenschaften . . . . .	859
2.2.1.2.2.2.2.1.1	Verhalten bei langzeitiger statischer Beanspruchung . . . . .	862
2.2.1.2.2.2.2.1.2	Verhalten bei schwingender Beanspruchung, Biegewechselfestigkeit . . . . .	862
2.2.1.2.2.2.2.1.3	Reibungs- und Verschleißverhalten . . . . .	863
2.2.1.2.2.2.2.1.4	Thermische Eigenschaften . . . . .	863
2.2.1.2.2.2.2.1.5	Verhalten bei kurzzeitiger Temperatureinwirkung	864
2.2.1.2.2.2.2.2	Beständigkeit und Sperrfähigkeit . . . . .	865
2.2.1.2.2.2.2.2.1	Wärmealterungsbeständigkeit . . . . .	865
2.2.1.2.2.2.2.3	Elektrische, optische und akustische Eigenschaften	865
2.2.1.2.2.2.2.3.1	Brennverhalten . . . . .	866
2.2.1.2.2.2.2.3.2	Prüfungen . . . . .	867
2.2.1.2.2.2.2.3.3	Verhalten gegenüber Chemikalien . . . . .	867
2.2.1.2.2.2.2.3.4	Verhalten bei Bewitterung . . . . .	868
2.2.1.2.2.2.3	Verarbeitung und Anwendung . . . . .	868
2.2.1.2.2.2.3.1	Urformen . . . . .	869
2.2.1.2.2.2.3.1.1	Spritzguss . . . . .	869
2.2.1.2.2.2.3.1.2	Extrusion . . . . .	872
2.2.1.2.2.2.3.2	Fügen . . . . .	873
2.2.1.2.2.2.3.2.1	Kleben . . . . .	873
2.2.1.2.2.2.3.2.2	Schweißen . . . . .	873
2.2.1.2.2.2.3.2.3	Spanende Bearbeitung . . . . .	874
2.2.1.2.2.2.3.3	Veredelung . . . . .	874
2.2.1.2.2.2.3.3.1	Lackieren, Metallisieren, Beschriften . . . . .	874
2.2.1.2.2.2.4	Gesundheit und Umwelt . . . . .	874
2.2.1.2.2.2.4.1	Sicherheitsvorkehrungen bei der Verarbeitung . . . . .	874
2.2.1.2.2.2.4.2	Angaben zur Toxikologie, Vorschriften . . . . .	875
2.2.1.2.2.2.4.3	Lebensmittelrechtliche Bestimmungen . . . . .	875
2.2.1.2.2.2.4.4	Lagerung und Transport . . . . .	875
2.2.1.2.2.2.4.5	Entsorgung . . . . .	876
2.2.1.2.2.2.4.6	Recycling . . . . .	876

2.2.1.2.2.2.5	Handelsnamen . . . . .	876
2.2.1.2.2.2.6	Literatur . . . . .	876
2.2.1.2.2.3	Thermoplastische Polyesterelastomere (TPE-E) . . . . .	877
2.2.1.2.2.4	Polyethylenterephthalat als Barrierekunststoff . . . . .	882
2.2.1.2.3	Polyarylate (Polyarylester) . . . . .	886
2.2.1.2.4	Eigenverstärkende teilkristalline Polymere (LCP) . . . . .	893
2.2.1.2.4.1	LCP und Technische Kunststoffe – ein Vergleich . . . . .	910
2.2.1.2.5	Polyarylether . . . . .	913
2.2.1.2.5.1	Polyphenylenether (PPE <sub>mod</sub> ) (substituiert, modifiziert) = Polyphenylenetherblends . . . . .	914
2.2.1.2.5.2	Blend aus Polyamid und Polyphenylenether (mod.) (PA + PPE <sub>mod</sub> ) . . . . .	923
2.2.1.2.6	Polyarylsulfon und -sulfid . . . . .	925
2.2.1.2.6.1	Polysulfon (PSU) . . . . .	927
2.2.1.2.6.1.1	Synthese und Compoundierung . . . . .	927
2.2.1.2.6.1.1.1	Synthese . . . . .	927
2.2.1.2.6.1.1.2	Struktur und Morphologie . . . . .	927
2.2.1.2.6.1.1.3	Compound und Blend . . . . .	927
2.2.1.2.6.1.2	Eigenschaften . . . . .	928
2.2.1.2.6.1.2.1	Thermo-Mechanische Eigenschaften . . . . .	928
2.2.1.2.6.1.2.1.1	Thermische Eigenschaften . . . . .	928
2.2.1.2.6.1.2.1.2	Mechanische Eigenschaften . . . . .	930
2.2.1.2.6.1.2.2	Beständigkeit und Sperrfähigkeit . . . . .	935
2.2.1.2.6.1.2.3	Elektrische, optische Eigenschaften . . . . .	938
2.2.1.2.6.1.2.3.1	Elektrische Eigenschaften . . . . .	938
2.2.1.2.6.1.2.3.2	Optische Eigenschaften . . . . .	939
2.2.1.2.6.1.3	Verarbeitung und Anwendung . . . . .	939
2.2.1.2.6.1.3.1	Urformen . . . . .	940
2.2.1.2.6.1.3.2	Umformen . . . . .	941
2.2.1.2.6.1.3.3	Fügen . . . . .	941
2.2.1.2.6.1.3.3.1	Schweißen . . . . .	941
2.2.1.2.6.1.3.3.2	Kleben . . . . .	941
2.2.1.2.6.1.3.3.3	Lösbare Verbindungen . . . . .	942
2.2.1.2.6.1.3.4	Veredelung . . . . .	942
2.2.1.2.6.1.4	Gesundheit und Umwelt . . . . .	942
2.2.1.2.6.1.5	Handelsnamen . . . . .	943
2.2.1.2.6.2	Polyethersulfon (PESU) . . . . .	943
2.2.1.2.6.2.1	Synthese und Compoundierung . . . . .	943
2.2.1.2.6.2.1.1	Synthese . . . . .	943
2.2.1.2.6.2.1.2	Struktur und Morphologie . . . . .	943
2.2.1.2.6.2.1.3	Compound und Blend . . . . .	944
2.2.1.2.6.2.2	Eigenschaften . . . . .	944
2.2.1.2.6.2.2.1	Thermo-Mechanische Eigenschaften . . . . .	945
2.2.1.2.6.2.2.1.1	Thermische Eigenschaften . . . . .	945
2.2.1.2.6.2.2.1.1	Mechanische Eigenschaften . . . . .	946
2.2.1.2.6.2.2.2	Beständigkeit und Sperrfähigkeit . . . . .	953
2.2.1.2.6.2.2.3	Elektrische, optische Eigenschaften . . . . .	956

2.2.1.2.6.2.2.3.1	Elektrische Eigenschaften . . . . .	956
2.2.1.2.6.2.2.3.2	Optische Eigenschaften . . . . .	956
2.2.1.2.6.2.3	Verarbeitung und Anwendung . . . . .	956
2.2.1.2.6.2.3.1	Urformen . . . . .	958
2.2.1.2.6.2.3.2	Umformen . . . . .	959
2.2.1.2.6.2.3.3	Fügen . . . . .	959
2.2.1.2.6.2.3.4	Veredelung . . . . .	960
2.2.1.2.6.2.4	Gesundheit und Umwelt . . . . .	960
2.2.1.2.6.2.5	Handelsnamen . . . . .	960
2.2.1.2.6.3	Polyphenylensulfid (PPS) . . . . .	961
2.2.1.2.6.3.1	Synthese und Compoundierung . . . . .	961
2.2.1.2.6.3.1.1	Synthese . . . . .	961
2.2.1.2.6.3.1.2	Struktur und Morphologie . . . . .	961
2.2.1.2.6.3.1.3	Compound und Blend . . . . .	961
2.2.1.2.6.3.2	Eigenschaften . . . . .	962
2.2.1.2.6.3.2.1	Thermo-Mechanische Eigenschaften . . . . .	962
2.2.1.2.6.3.2.1.1	Thermisches Verhalten . . . . .	962
2.2.1.2.6.3.2.1.2	Mechanisches Verhalten . . . . .	967
2.2.1.2.6.3.2.2	Beständigkeit und Sperrfähigkeit . . . . .	973
2.2.1.2.6.3.2.2.1	Chemikalienbeständigkeit . . . . .	973
2.2.1.2.6.3.2.2.2	Witterungsbeständigkeit . . . . .	974
2.2.1.2.6.3.2.2.3	Brennbarkeit . . . . .	974
2.2.1.2.6.3.2.2.4	Wasseraufnahme und Hydrolysebeständigkeit . . . . .	975
2.2.1.2.6.3.2.3	Elektrische, optische und akustische Eigenschaften . . . . .	975
2.2.1.2.6.3.2.3.1	Elektrische Eigenschaften . . . . .	975
2.2.1.2.6.3.3	Verarbeitung und Anwendung . . . . .	975
2.2.1.2.6.3.3.1	Beispiele für Anwendungen von PPS . . . . .	975
2.2.1.2.6.3.3.2	Urformen . . . . .	976
2.2.1.2.6.3.3.2.1	Spritzgießen . . . . .	977
2.2.1.2.6.3.3.2.2	Extrusion . . . . .	977
2.2.1.2.6.3.3.3	Umformen . . . . .	980
2.2.1.2.6.3.3.3.1	Thermoformen . . . . .	980
2.2.1.2.6.3.3.3.2	Spanende Bearbeitung . . . . .	980
2.2.1.2.6.3.3.4	Fügen . . . . .	981
2.2.1.2.6.3.3.4.1	Schweißen . . . . .	981
2.2.1.2.6.3.3.4.2	Kleben . . . . .	981
2.2.1.2.6.3.3.4.3	Schnapp- und Schraubverbindungen . . . . .	981
2.2.1.2.6.3.3.5	Veredeln . . . . .	982
2.2.1.2.6.3.3.5.1	Lackieren . . . . .	982
2.2.1.2.6.3.3.5.2	Bedrucken . . . . .	982
2.2.1.2.6.3.3.5.3	Metallisieren . . . . .	982
2.2.1.2.6.3.3.5.4	Beschriften mittels Laserstrahlen . . . . .	982
2.2.1.2.6.3.4	Gesundheit und Umwelt . . . . .	982
2.2.1.2.6.3.5	Handelsnamen . . . . .	983
2.2.1.2.7	Polyetherketone . . . . .	983
2.2.1.2.7.1	Aromatische Polyetherketone (PEK, PEEK) . . . . .	983
2.2.1.2.7.2	Aliphatische Polyetherketone (PEK) . . . . .	1002

2.2.1.2.8	Hochwärmebeständige duro- und thermoplastische Polykondensate und Polyaddukte . . . . .	1012
2.2.1.2.8.1	Polyimide (PI) . . . . .	1016
2.2.1.2.8.1.1	Klassisches Polyimid (PI) . . . . .	1017
2.2.1.2.8.1.2	Copolyimide . . . . .	1030
2.2.1.2.8.1.2.1	Poly-oxadiazobenzimidazol . . . . .	1030
2.2.1.2.8.1.2.2	Polybenzimidazol (PBI) . . . . .	1031
2.2.1.2.8.1.3	Gemischt ein- und zweibindige Polymere . . . . .	1034
2.2.1.2.8.1.3.1	Polybismaleinimid . . . . .	1034
2.2.1.2.8.1.3.2	Polyamidimid (PAI) . . . . .	1043
2.2.1.2.8.1.3.3	Polyetherimid (PEI) . . . . .	1053
2.2.1.2.8.1.3.4	Polyesterimid . . . . .	1064
2.2.1.2.8.2	Literatur – Kapitel 2.2.1.2.8 . . . . .	1065
2.2.2	Duroplastische Polykondensate . . . . .	1067
2.2.2.1	Phenolharze (Phenoplaste, PF-Harze) . . . . .	1069
2.2.2.1.1	Allgemeines . . . . .	1069
2.2.2.1.1.1	Historie . . . . .	1069
2.2.2.1.1.1.1	Chemie . . . . .	1070
2.2.2.1.1.2	Novolake . . . . .	1070
2.2.2.1.1.3	Resole . . . . .	1073
2.2.2.1.1.4	Herstellung . . . . .	1074
2.2.2.1.1.5	Umwelt . . . . .	1075
2.2.2.1.1.5.1	Rohstoffe . . . . .	1075
2.2.2.1.1.5.2	Recycling . . . . .	1075
2.2.2.1.2	Anwendungen von Phenolharzen . . . . .	1076
2.2.2.1.2.1	Härtbare PF-Formmassen . . . . .	1076
2.2.2.1.2.1.1	Struktur und allgemeine Eigenschaften . . . . .	1078
2.2.2.1.2.1.2	Aufbereitung / Compoundierung . . . . .	1085
2.2.2.1.2.1.3	Verarbeitung . . . . .	1085
2.2.2.1.2.2	Holzwerkstoffe . . . . .	1087
2.2.2.1.2.3	Lamine . . . . .	1089
2.2.2.1.2.4	Dämmstoffe . . . . .	1089
2.2.2.1.2.4.1	Mineralwolle . . . . .	1089
2.2.2.1.2.4.2	Phenolharzschäume . . . . .	1090
2.2.2.1.2.5	Schleifmittel . . . . .	1090
2.2.2.1.2.6	Reibbeläge . . . . .	1091
2.2.2.1.2.7	Feuerfestmaterialien . . . . .	1092
2.2.2.1.2.8	Kohlenstoffbauteile . . . . .	1092
2.2.2.1.2.9	Textilvlies . . . . .	1093
2.2.2.1.2.10	Coatings . . . . .	1093
2.2.2.1.2.11	Gummi . . . . .	1094
2.2.2.1.2.12	Gießerei . . . . .	1094
2.2.2.1.2.13	Sonstige Anwendungen . . . . .	1094
2.2.2.1.2.14	Zukunft . . . . .	1095
2.2.2.2	Harnstoff/Formaldehyd-Kunststoffe (Aminoplaste) (UF) . . . . .	1096
2.2.2.2.1	Härtbare UF-Formmassen . . . . .	1097

2.2.2.2.2	Technische Harnstoffharze . . . . .	1102
2.2.2.3	Melamin/Formaldehyd-Kunststoffe (MF) . . . . .	1103
2.2.2.3.1	Härtbare MF-Formmassen . . . . .	1104
2.2.2.3.2	Modifizierte MF-Formmassen . . . . .	1107
2.2.2.3.2.1	Härtbare Melamin/Phenol/Formaldehyd- Formmassen . . . . .	1107
2.2.2.3.2.2	Technische Melaminharze . . . . .	1109
2.2.2.4	Ungesättigte Polyesterharze (UP) . . . . .	1110
2.2.2.4.1	Synthese und Compoundierung . . . . .	1116
2.2.2.4.1.1	Synthese . . . . .	1116
2.2.2.4.1.2	Struktur und Morphologie . . . . .	1117
2.2.2.4.1.3	Compound und Blend . . . . .	1118
2.2.2.4.2	Eigenschaften . . . . .	1122
2.2.2.4.2.1	Thermo-Mechanische Eigenschaften . . . . .	1122
2.2.2.4.2.2	Beständigkeit und Sperrfähigkeit . . . . .	1133
2.2.2.4.2.3	Elektrische, optische, akustische Eigenschaften . . . . .	1135
2.2.2.4.3	Verarbeitung und Anwendung . . . . .	1138
2.2.2.4.3.1	Urformen . . . . .	1143
2.2.2.4.3.2	Umformen . . . . .	1145
2.2.2.4.3.3	Bearbeiten . . . . .	1146
2.2.2.4.3.4	Fügen . . . . .	1146
2.2.2.4.3.5	Veredeln . . . . .	1146
2.2.2.4.3.6	Anwendungsbeispiele . . . . .	1147
2.2.2.4.4	Sicherheit, Umwelt und Recycling . . . . .	1147
2.2.2.4.5	Sortiment . . . . .	1149
2.2.2.4.6	Literatur – Kapitel 2.2.2.4 . . . . .	1151
2.2.2.5	Verwandte Reaktionsharz-Formmassen . . . . .	1151
2.2.2.5.1	Alkydharz-Formmassen . . . . .	1151
2.2.2.5.2	Polydiallylphthalat-Formmassen (PDAP) . . . . .	1154
2.2.2.6	Silicone (SI) . . . . .	1156
2.2.2.6.1	Einleitung . . . . .	1156
2.2.2.6.1.1	Herstellung . . . . .	1156
2.2.2.6.2	Müller-Rochow-Synthese . . . . .	1157
2.2.2.6.3	Siliconöle . . . . .	1159
2.2.2.6.4	Siliconharze . . . . .	1161
2.2.2.6.5	RTV-2 Siliconkautschuke . . . . .	1161
2.2.2.6.6	RTV-1 Siliconkautschuke . . . . .	1163
2.2.2.6.7	HTV-Siliconkautschuke . . . . .	1165
2.2.2.6.8	Zusammenfassung der Eigenschaften der Silicone . . . . .	1167
2.2.2.6.9	Markt und Anwendungen für Silicone . . . . .	1168
2.2.2.6.10	Literatur – Kapitel 2.2.2.6.1 – 2.2.2.6.9 . . . . .	1169
2.2.2.6.11	Härtbare Siliconharz-Formmassen . . . . .	1169
2.2.2.6.12	Literatur – Kapitel 2.2.2.6.11 . . . . .	1173
2.2.3	Polyaddukte . . . . .	1175
2.2.3.1	Duroplastische Polyaddukte . . . . .	1175
2.2.3.1.1	Epoxidharze (EP) . . . . .	1176
2.2.3.1.2	Technische Epoxidharze . . . . .	1176

2.2.3.1.3	Prepregs . . . . .	1197
2.2.3.2	Duroplaste als Hochleistungswerkstoffe mit günstigem Preis/Leistungsverhältnis . . . . .	1198
2.2.3.2.1	Vernetzte Polyurethane (PUR) . . . . .	1200
2.2.3.2.1.1	Isocyanatharze . . . . .	1201
2.2.3.2.1.2	Polyurethan-Gießharz . . . . .	1208
2.2.3.2.1.3	PUR-Integralschaumstoffe . . . . .	1212
2.2.3.2.2	Thermoplastische Polyurethan-Elastomere (TPE-U) . .	1219
2.2.3.2.2.1	Thermoplastische Polyaddukte . . . . .	1228
2.2.3.2.2.1.1	Lineare Polyurethane . . . . .	1228
2.2.3.3	Literatur – Kapitel 2.2.3 . . . . .	1230
<b>3</b>	<b>Elastomere . . . . .</b>	<b>1231</b>
3.1	Marktwirtschaftliche Betrachtungen . . . . .	1231
3.2	Compounding . . . . .	1233
3.2.1	Füllstoffe . . . . .	1233
3.2.2	Alterungsschutz . . . . .	1234
3.2.3	Weichmacher . . . . .	1236
3.2.4	Vernetzungssysteme . . . . .	1238
3.2.4.1	Schwefelvernetzung . . . . .	1240
3.2.4.2	Peroxidvernetzung . . . . .	1242
3.3	Verarbeitung . . . . .	1243
3.4	Elastomere Werkstoffeigenschaften . . . . .	1243
3.4.1	Medieneinfluss . . . . .	1244
3.4.2	Temperatur . . . . .	1246
3.5	Umwelt und Gesundheit . . . . .	1249
3.6	Polymere . . . . .	1251
3.6.1	Naturkautschuk (NR) . . . . .	1251
3.6.1.1	Struktur . . . . .	1251
3.6.1.2	Eigenschaften . . . . .	1252
3.6.1.3	Verarbeitung . . . . .	1252
3.6.1.4	Anwendung . . . . .	1253
3.6.1.5	Handelsnamen . . . . .	1253
3.6.2	Butadien-Kautschuk (BR) . . . . .	1254
3.6.2.1	Struktur . . . . .	1254
3.6.2.2	Eigenschaften . . . . .	1255
3.6.2.3	Verarbeitung . . . . .	1255
3.6.2.4	Anwendung . . . . .	1256
3.6.2.5	Handelsnamen . . . . .	1256
3.6.3	Styrol-Butadien-Kautschuk (SBR) . . . . .	1257
3.6.3.1	Struktur . . . . .	1257

3.6.3.2	Eigenschaften . . . . .	1258
3.6.3.3	Verarbeitung . . . . .	1258
3.6.3.4	Anwendung . . . . .	1259
3.6.3.5	Handelsnamen . . . . .	1259
3.6.4	Chlorbutadien-Kautschuk (CR) . . . . .	1259
3.6.4.1	Struktur . . . . .	1259
3.6.4.2	Eigenschaften . . . . .	1260
3.6.4.3	Verarbeitung . . . . .	1260
3.6.4.4	Anwendung . . . . .	1261
3.6.4.5	Handelsnamen . . . . .	1261
3.6.5	Acrylnitril-Butadien-Kautschuk (NBR) . . . . .	1261
3.6.5.1	Struktur . . . . .	1261
3.6.5.2	Eigenschaften . . . . .	1263
3.6.5.3	Verarbeitung . . . . .	1263
3.6.5.4	Anwendung . . . . .	1264
3.6.5.5	Handelsnamen . . . . .	1264
3.6.6	Hydrierter Acrylnitril-Butadien-Kautschuk (HNBR) . . . . .	1265
3.6.6.1	Struktur . . . . .	1265
3.6.6.2	Eigenschaften . . . . .	1265
3.6.6.3	Verarbeitung . . . . .	1265
3.6.6.4	Anwendung . . . . .	1266
3.6.6.5	Handelsnamen . . . . .	1266
3.6.7	Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk (EPDM) . . . . .	1266
3.6.7.1	Struktur . . . . .	1266
3.6.7.2	Eigenschaften . . . . .	1267
3.6.7.3	Verarbeitung . . . . .	1268
3.6.7.4	Anwendung . . . . .	1269
3.6.7.5	Handelsnamen . . . . .	1269
3.6.8	Butyl-Kautschuk (IIR) und halogenerter Butyl-Kautschuk (XIIR) . . . . .	1269
3.6.8.1	Struktur . . . . .	1269
3.6.8.2	Eigenschaften . . . . .	1270
3.6.8.3	Verarbeitung . . . . .	1271
3.6.8.4	Anwendung . . . . .	1271
3.6.8.5	Handelsnamen . . . . .	1271
3.6.9	Ethylenoxid-Epichlorhydrin-Kautschuk (ECO) . . . . .	1272
3.6.9.1	Struktur . . . . .	1272
3.6.9.2	Eigenschaften . . . . .	1272
3.6.9.3	Verarbeitung . . . . .	1273
3.6.9.4	Anwendung . . . . .	1273
3.6.9.5	Handelsnamen . . . . .	1273
3.6.10	Acrylat-Kautschuk (ACM) . . . . .	1274
3.6.10.1	Struktur . . . . .	1274
3.6.10.2	Eigenschaften . . . . .	1274
3.6.10.3	Verarbeitung . . . . .	1275
3.6.10.4	Anwendung . . . . .	1275
3.6.10.5	Handelsnamen . . . . .	1276

3.6.11	Ethylen-Acrylat-Kautschuk (AEM)	1276
3.6.11.1	Struktur	1276
3.6.11.2	Eigenschaften	1276
3.6.11.3	Verarbeitung	1277
3.6.11.4	Anwendung	1277
3.6.11.5	Handelsnamen	1277
3.6.12	Fluor-Kautschuk (FKM)	1277
3.6.12.1	Struktur	1277
3.6.12.2	Eigenschaften	1279
3.6.12.3	Verarbeitung	1279
3.6.12.4	Anwendung	1280
3.6.12.5	Handelsnamen	1280
3.6.13	Perfluor-Kautschuk (FFKM)	1281
3.6.13.1	Struktur	1281
3.6.13.2	Eigenschaften	1281
3.6.13.3	Verarbeitung	1282
3.6.13.4	Anwendung	1282
3.6.13.5	Handelsnamen	1282
3.6.14	Silikonkautschuke	1282
3.6.14.1	Struktur	1282
3.6.14.2	Eigenschaften	1283
3.6.14.3	Verarbeitung	1284
3.6.14.4	Anwendung	1285
3.6.14.5	Handelsnamen	1285
3.6.15	Polyurethan (AU, EU)	1286
3.6.15.1	Struktur	1286
3.6.15.2	Eigenschaften	1287
3.6.15.3	Verarbeitung	1287
3.6.15.4	Anwendung	1288
3.6.15.5	Handelsnamen	1288
3.7	Chemikalienbeständigkeit der Polymere	1288
3.8	Literatur	1298
<b>4</b>	<b>Spezialkunststoffe</b>	<b>1299</b>
4.1	Abgewandelte Naturstoffe	1299
4.1.1	Stärke und Derivate	1300
	Literatur – Kapitel 4.1.1	1304
4.1.2	Polymilchsäure (PLA)	1305
	Literatur – Kapitel 4.1.2	1307
4.1.3	Polyhydroxyfettsäuren (PHF)	1308
	Literatur – Kapitel 4.1.3	1311
4.1.4	Cellulose und Cellulosederivate	1311
4.1.4.1	Vulkanfiber (VF)	1312



4.1.4.2	Kunststoffe aus abgewandelter Cellulose . . . . .	1314
4.1.4.2.1	Celluloseester aus anorganischen Säuren . . . . .	1314
4.1.4.2.1.1	Cellulosenitrat (CN) . . . . .	1314
4.1.4.2.2	Celluloseester aus aliphatischen Carbonsäuren . . . . .	1317
4.1.4.2.2.1	Celluloseacetat (CA) . . . . .	1319
4.1.4.2.2.2	Cellulosepropionat (CP) . . . . .	1325
4.1.4.2.2.3	Celluloseacetobutyrat (CAB) . . . . .	1330
	Literatur – Kapitel 4.1.4 . . . . .	1333
4.1.5	Thermoplaste auf Ligninbasis . . . . .	1333
	Literatur – Kapitel 4.1.5 . . . . .	1336
4.1.6	Duroplaste auf Basis nachwachsender Rohstoffe . . . . .	1336
4.1.6.1	Polyurethane (mit Polyolen auf Basis natürlicher Öle/Fette) . . . . .	1336
4.1.6.2	Epoxyacrylate auf Basis nachwachsender Rohstoffe . . . . .	1337
4.1.6.3	Weitere Duroplaste und Duroplastanteile auf Basis pflanzlicher Fette und Öle . . . . .	1338
	Literatur – Kapitel 4.1.6 . . . . .	1338
4.2	Elektrisch leitfähige Polymere . . . . .	1338
4.2.1	Intrinsisch leitfähige Polymere . . . . .	1339
4.2.2	Elektrisch leitfähige gefüllte Polymere . . . . .	1341
4.2.2.1	Eigenschaften . . . . .	1341
4.2.3	Elektrisch leitfähige beschichtete Polymere . . . . .	1347
4.2.4	Literatur – Kapitel 4.2 . . . . .	1349
<b>5</b>	<b>Anhang . . . . .</b>	<b>1351</b>
5.1	Kurzzeichen für Kunststoffe, Tabellenverzeichnis . . . . .	1352
5.2	Kunststoffkennwerte, Tabellenverzeichnis . . . . .	1379
<b>6</b>	<b>Datenbanken . . . . .</b>	<b>1405</b>
<b>7</b>	<b>Handelsnamenverzeichnis . . . . .</b>	<b>1407</b>
<b>8</b>	<b>Kunststoffverzeichnis . . . . .</b>	<b>1419</b>
<b>9</b>	<b>Sachverzeichnis . . . . .</b>	<b>1421</b>