

Inhaltsverzeichnis

Saechtling Kunststoff Taschenbuch

Herausgegeben von Erwin Baur, Tim A. Osswald, Natalie Rudolph
Mitherausgeber Sigrid Brinkmann, Ernst Schmachtenberg

ISBN (Buch): 978-3-446-43442-4

ISBN (E-Book): 978-3-446-43729-6

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-43442-4>

sowie im Buchhandel.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur 31. Auflage	V
1 Kurzzeichen der Kunststoff-Technik	1
2 Einleitung	17
2.1 Wirtschaftliche Bedeutung der Kunststoffe	17
2.2 Einordnung der Kunststoffe in das Gebiet der Werkstoffe ...	19
2.3 Aufbau der Kunststoffe	23
2.3.1 Chemische Struktur (Konstitution und Konfiguration der Makromoleküle)	24
2.3.1.1 Konformation	24
2.3.1.2 Konfiguration	25
2.3.1.3 Konstitution	27
2.3.1.4 Kunststoff-Hauptgruppen	32
2.3.2 Morphologische Struktur (Konformation und Aggregation der Makromoleküle)	34
2.3.2.1 Kunststoffklassen	42
2.4 Einfluss der Fertigung auf die inneren Eigenschaften	45
2.4.1 Eigenspannungen	46
2.4.2 Molekül-Orientierung	47
2.4.3 Kristallisationsverhalten	49
2.5 Stoffliche Modifizierung von Kunststoffen	51
2.5.1 Copolymere und Polymermischungen (Blends) ...	51
2.5.2 Kunststoffverbunde	53

3	Eigenschaften und Prüfverfahren	57
3.1	Aussagekraft der Kennwerte	58
3.2	Verarbeitungstechnische Kennwerte	65
3.2.1	Rheologisches Verhalten	65
3.2.1.1	Fließverhalten, Viskosität	66
3.2.1.2	Viskositätsmodelle	72
3.2.1.3	Schmelze-Volumenfließrate MVR und Schmelze-Massenfließrate MFR	74
3.2.2	Erstarrungsverhalten	75
3.2.2.1	Siegelzeit	75
3.2.2.2	Schwindung	76
3.2.2.3	Verzug	82
3.2.2.4	Toleranzen	84
3.2.2.5	Füllstoff- Orientierung	84
3.3	Mechanisches Verhalten	86
3.3.1	Kurzzeitverhalten	86
3.3.1.1	Kurzzeit-Zugversuch	86
3.3.1.2	Kurzzeit-Biegeversuch	89
3.3.1.3	Druckversuch	91
3.3.1.4	Eindruckversuch, Härtemessung	91
3.3.2	Verhalten bei Stoß	93
3.3.2.1	Berechnungs-Kennwerte	93
3.3.2.2	Schlag-, Biege- und Zugversuche nach CAMPUS	95
3.3.3	Statisches Langzeitverhalten	97
3.3.3.1	Zeitstand-Zugversuch	97
3.3.3.2	Zeitstand-Innendruckversuch an Rohren	102
3.3.4	Dynamisches Langzeitverhalten	103
3.3.4.1	Allgemeines zum Dauerschwingversuch	103
3.3.4.2	Normen und Verfahren	105
3.3.5	Moduln und Querkzahl	106
3.3.6	Dichte	109
3.4	Thermisches Verhalten	110
3.4.1	Zulässige Gebrauchstemperatur	110
3.4.1.1	Kurzzeitige Temperatureinwirkung	111
3.4.1.2	Langzeitige Temperatureinwirkung	118

3.4.2	Spezifische Wärmekapazität, Spezifische Enthalpie, Verbrennungswärme	119
3.4.3	Wärmeleitfähigkeit	122
3.4.4	Wärmeeindringzahl	125
3.4.5	Temperaturleitfähigkeit	125
3.4.6	Wärme-Ausdehnungskoeffizient	126
3.5	Elektrisches Verhalten	133
3.5.1	Isolationsverhalten	135
3.5.1.1	Durchgangs-Widerstand/Leitfähigkeit	136
3.5.1.2	Oberflächen-Widerstand	138
3.5.1.3	Elektromagnetische Abschirmung (Verträglichkeit EMV, Compatibility EMC)	139
3.5.2	Festigkeitsverhalten	140
3.5.2.1	Elektrische Durchschlagfestigkeit	140
3.5.2.2	Elektrische Zeitstandfestigkeit	143
3.5.2.3	Kriechstromfestigkeit	145
3.5.2.4	Lichtbogen-Festigkeit	145
3.5.2.5	Elektrolytische Korrosion	146
3.5.3	Dielektrisches Verhalten	146
3.5.4	Elektrostatisches Verhalten	148
3.5.5	Elektrisch leitfähige Kunststoffe	149
3.6	Optisches Verhalten	151
3.6.1	Lichtdurchlässigkeit	151
3.6.2	Glanz und Reflexion, Trübung	152
3.6.3	Farbe	154
3.6.3.1	Grundlagen	154
3.6.3.2	Farbmessung	154
3.6.4	Brechungsindex, Doppelbrechung	156
3.6.5	Oberflächenstruktur	159
3.7	Verhalten gegen Umwelteinflüsse	161
3.7.1	Wasser, Feuchtigkeit	162
3.7.2	Chemikalien	167
3.7.3	Spannungsrisssbeständigkeit	168
3.7.4	Atmosphärische Einflüsse	170
3.7.5	Energiereiche Strahlung	171
3.7.6	Beständigkeit gegen Organismen	172

3.7.7	Migration und Permeation	173
3.7.7.1	Wasserdampf-Durchlässigkeit	174
3.7.7.2	Gas-Durchlässigkeit	176
3.7.7.3	Wasserdampf-Diffusions-Widerstandszahl	180
3.7.8	Brandverhalten	180
3.7.8.1	Brennbarkeit nach UL	181
3.7.8.2	Allgemeine Prüfungen zur Brennbarkeit	181
3.7.8.3	Elektrosektor	182
3.7.8.4	Bauwesen	182
3.7.8.5	Verkehrswesen	185
3.8	Reibungs- und Verschleißverhalten	186
3.8.1	Reibung	186
3.8.1.1	Reibungsmechanismen	186
3.8.1.2	Ruckgleiten, Reibungsschwingung oder Stick-Slip-Effekt	188
3.8.2	Verschleiß	188
3.8.3	Probekörper und Prüfsysteme	190
3.8.4	Tribologische Eigenschaften von Thermoplasten ...	191
3.9	Analytische Untersuchungen	197
3.9.1	Infrarot (IR)- und Raman-Spektroskopie	197
3.9.2	Kernresonanz-Spektroskopie (Nuclear Magnetic Resonance: NMR)	198
3.9.3	Dynamisch-mechanische Spektroskopie (DMA) ...	198
3.9.4	Dielektrische Spektroskopie (DEA)	199
3.9.5	Differential-Thermoanalyse (DTA) und Differential-Kalorimetrie (DSC)	201
3.9.6	Thermogravimetrische Analyse (TGA)	203
3.9.7	Dilatometrie, Thermomechanische Analyse (TMA), spezifisches Volumen (pvT)	204
3.9.8	Thermische Leitfähigkeit, Wärmeleitfähigkeit	207
3.9.9	Lösungs-Viskosimetrie	209
3.9.10	Chromatographie	211
3.10	Literatur	212

4	Kunststoffverarbeitung	215
4.1	Aufbereiten	217
4.1.1	Mischen	217
4.1.1.1	Mischer	220
4.1.1.2	Schneckenknetzer für viskose Stoffe	222
4.1.1.3	Sonstige Mischer für viskose Stoffe	230
4.1.2	Granuliertvorrichtungen	233
4.1.3	Mühlen	235
4.1.4	Trockner	237
4.1.5	Aufbereiten härthbarer Formmassen	239
4.1.6	Aufbereitung von Recyclingmaterial	240
4.2	Extrudieren	240
4.2.1	Extruderbauformen	240
4.2.1.1	Einschneckenextruder	241
4.2.1.2	Nutbuchsenextruder	244
4.2.1.3	Schnecken mit Schmelzetrennung, Barriereschnecke	245
4.2.1.4	Entgasungs-Extruder	246
4.2.1.5	Kaskaden- oder Tandem-Extruder	246
4.2.1.6	Schnellläufer-Extruder (adiabatische Extruder)	247
4.2.1.7	Planetwalzen-Extruder	247
4.2.1.8	Doppelschneckenextruder	248
4.2.2	Zusatzeinrichtungen für Extruder	249
4.2.3	Extrusions-Werkzeuge und Nachfolgeeinrichtungen	249
4.2.3.1	Rohre und symmetrische Hohlprofile	249
4.2.3.2	Vollprofile	250
4.2.3.3	Hohlkammer-Profile	251
4.2.3.4	Ummantelungen	251
4.2.3.5	Tafeln und Flachfolien	252
4.2.3.6	Schlauchfolien	254
4.2.3.7	Geschäumte Halbzeuge und Profile (TSE)	255
4.2.3.8	Monofile, Bändchen, Fasern	257
4.2.3.9	Co- oder Mehrschichtextrudate	258
4.2.3.10	Mehrschichtiger Bahnen	260
4.2.3.11	Folienverbunde	260
4.2.3.12	Lamine und Beschichtungen	261
4.2.4	Kalanderte Folien	263

4.2.5	Hohlkörper mit variablem Querschnitt durch Extrusionsblasformen	267
4.3	Spritzgießen	269
4.3.1	Das Spritzgießverfahren	269
4.3.2	Bauformen von Spritzgießmaschinen	276
4.3.2.1	Schließeinheiten	276
4.3.2.2	Vollelektrische Spritzgießmaschine	277
4.3.2.3	Plastifizieraggregat	277
4.3.3	Allgemeine Hinweise zum Spritzgießen	280
4.3.4	Spritzgießsonderv Verfahren	284
4.3.4.1	Spritzprägen	285
4.3.4.2	Pulverspritzgießen	285
4.3.4.3	Mikrospritzgießen	286
4.3.4.4	Spritzgießen mit mehreren Einspritzeinheiten	287
4.3.4.5	Fluidinjektionstechnik	291
4.3.4.6	Schaumspritzgießen	293
4.3.4.7	Spritzgießen mit Einlegeteilen	294
4.3.5	Spritzgießblasformen	296
4.3.5.1	Streckblasformen	297
4.4	Formwerkzeuge	298
4.4.1	Allgemeines zum Formenbau	298
4.4.2	Spritzgießwerkzeuge und Angussarten	300
4.4.3	Normalien für Werkzeuge	306
4.5	Reinigen von Schnecken und Zylindern	308
4.6	Schäumen	308
4.6.1	Schäumprinzipien	309
4.6.2	Herstellung von Partikelschaum	310
4.6.3	In Mould Skinning	311
4.7	Gießen	311
4.8	Polyurethan(PUR)-Verarbeitungstechnik	312
4.8.1	Allgemeine Grundlagen	312
4.8.2	Die Verfahrensschritte	314
4.8.2.1	Nieder- und Hochdruckmaschinen	315
4.8.2.2	Spritz- oder Sprühmaschinen	320
4.8.2.3	Anlagen	320
4.8.2.4	Kontinuierliche Fertigung	320

4.8.2.5	Diskontinuierliche Fertigung	322
4.8.2.6	Herstellung faserverstärkter Teile	324
4.8.2.7	Reinigung	325
4.9	Pressen	325
4.9.1	Schichtpressen	327
4.9.2	Strangpressen	329
4.9.3	Spritzpressen (Transferpressen)	329
4.10	Verarbeitung zu Hochleistungsverbundkunststoffen	331
4.10.1	Herstellung von Thermoplastprepregs	332
4.10.2	Herstellung von Duroplastprepregs	333
4.10.3	Drucklose Verarbeitungsverfahren, Low Pressure Laminat (LPL)	335
4.10.4	Niederdruck-Verfahren	336
4.10.5	Hochdruckverfahren (RTM, SRIM)	338
4.10.6	Wickeln	339
4.10.7	Ablegeverfahren	342
4.10.8	Zieh- oder Pultrusionsverfahren	343
4.11	Additive Fertigungsverfahren	344
4.11.1	Stereolithographie (STL)	345
4.11.2	Selektives Laser Sintern (SLS)	346
4.11.3	Fused Deposition Modeling (FDM)	348
4.11.4	Layer Laminate Manufacturing (LLM, LOM)	349
4.11.5	Rapid Tooling (RT)	350
4.12	Umformen	351
4.12.1	Biegeformen	352
4.12.2	Ziehformen	353
4.12.3	Streckformen	355
4.13	Fügen	357
4.13.1	Schweißen	357
4.13.1.1	Heizelementschweißen mit direkter Erwärmung ..	358
4.13.1.2	Heizelementschweißen mit indirekter Erwärmung	361
4.13.1.3	Warmgasschweißen	362
4.13.1.4	Reibschweißen, Ultraschallschweißen	365
4.13.1.5	Hochfrequenz-Schweißen	369
4.13.1.6	Induktions-Schweißen	370
4.13.1.7	Laserschweißen	371

4.13.2	Kleben von Kunststoffen	374
4.13.2.1	Beispiele für Klebeverbindungen	375
4.13.3	Schrauben, Nieten, Schnappen	376
4.14	Oberflächenbehandlungen	377
4.14.1	Vorbehandlung der Oberflächen	377
4.14.1.1	Nasschemische Verfahren	378
4.14.1.2	Gasphasenbehandlung	378
4.14.1.3	Flamnoxidieren	378
4.14.1.4	Strahlenbehandlung	379
4.14.1.5	Coronabehandlung	379
4.14.1.6	Plasmabehandlung	379
4.14.1.7	Mechanische Vorbehandlung	380
4.14.2	Polieren	381
4.14.3	Lackieren	381
4.14.4	Beschichten	382
4.14.5	Bedrucken, Beschriften und Dekorieren	384
4.14.6	Prägen, Heißprägen	385
4.14.7	Beflocken	386
4.14.8	Metallisieren von Folien	387
4.14.9	SiO _x -Beschichtung von Folien	388
4.14.10	Metallisieren	388
4.14.11	Einreiben	390
4.14.12	Fluorierung, Gasphasenfluorierung	390
4.14.13	Plasmaverfahren (Chemical Vapor Deposition, CVD)	390
4.14.14	Thermisches Spritzen	391
4.15	Sonstige Bearbeitungsverfahren	392
4.15.1	Spanabhebende Bearbeitung	392
4.15.2	Trennen, Abtragen	395
4.15.3	Strahlenvernetzung	396
4.15.4	Wärmebehandlung	397
4.15.5	Abbau elektrostatischer Aufladungen	398
4.16	Recycling	398

5	Werkstoff- und verarbeitungsgerechte Konstruktion	399
5.1	Systematisches Konstruieren von Produkten aus Kunststoff	400
5.1.1	Anforderungslisten, Pflichtenheft und Lastenheft	401
5.1.2	Konstruktionskataloge	403
5.2	Werkstoffauswahl	403
5.3	Fertigungsgerechtes Konstruieren	406
5.3.1	Auswahl des Fertigungsverfahrens	406
5.3.2	Fertigungsgerechtes Gestalten	407
5.3.3	Prozesssimulation	409
5.4	Werkstoffgerechtes Konstruieren	412
5.4.1	Dimensionierungsrechnung	412
5.4.2	Dimensionierungskennwerte	413
5.4.3	Konventionelle Dimensionierungsrechnung	417
5.4.4	Empirisch gestützte Dimensionierungsrechnung	418
5.4.5	Struktursimulation mit der Methode der Enden Elemente	418
5.4.6	Bauteilversuche an Prototypen und Modellen	422
5.5	Funktionselemente	423
5.5.1	Filmscharniere	423
5.5.2	Schnappverbindungen	424
5.5.3	Schraubverbindungen	425
5.5.4	Nieten	429
5.5.5	Schweißverbindungen	429
5.5.6	Pressverbindungen	430
6	Beschreibung der Kunststoffe	431
6.1	Allgemeine Hinweise	431
6.2	Polyolefine (PO), Polyolefinderivate und -copolymerisate	431
6.2.1	Polyethylen-Standard-Homo- und Copolymere (PE-LD, PE-HD, PE-HD-HMW, PE-HD-UHMW und PE-LLD)	432
6.2.1.1	Polymerisation, chemischer Aufbau	433
6.2.1.2	Verarbeitung	434
6.2.1.3	Nachbehandlung	437
6.2.1.4	Eigenschaften	437
6.2.1.5	Einsatzgebiete	440

6.2.2	Polyethylen-Derivate (PE-X)	443
6.2.3	Chloriertes und chlorsulfoniertes PE (PE-C)	445
6.2.4	Ethylen-Copolymere (PE-ULD, EVAC, EVAL, EEAk, EB, EBA, EMA, EAA, E/P, EIM, COC, ECB, ETFE) ..	446
6.2.4.1	Ultraleichtes Polyethylen (PE-ULD, PE-VLD)	446
6.2.4.2	Ethylen-Vinylacetat-Copolymere (EVAC)	454
6.2.4.3	Ethylen/Vinylalkohol-Copolymere (EVAL)	456
6.2.4.4	Ethylen-Acryl-Copolymerisate (EEAk, EBA, EAA, EAMA, EMA)	457
6.2.4.5	PE- α -Olefin-Copolymere (PE α -PO-(M))	457
6.2.4.6	Cycloolefin-Copolymere (COC, COP)	458
6.2.4.7	Ionomere (EIM)	458
6.2.4.8	Ethylen-Copolymer-Bitumen-Blend (ECB, ECB/TPO)	460
6.2.5	Polypropylen-Homopolymerisate (PP, PP-H)	460
6.2.5.1	Chemischer Aufbau, Polymerisation	461
6.2.5.2	Verarbeitung	462
6.2.5.3	PP-Schaumstoffe (PP-E)	462
6.2.5.4	Nachbehandlung	463
6.2.5.5	Eigenschaften	463
6.2.5.6	Einsatzgebiete	467
6.2.6	Polypropylen-Copolymerisate und -Derivate, Blends (PP-C, PP-B, EPDM, PP+EPDM)	468
6.2.6.1	Chloriertes PP (PP-C)	468
6.2.6.2	PP-Copolymere (PP-B)	468
6.2.6.3	Ethylen-Propylen-(Dien)-Copolymer (EPDM)	468
6.2.6.4	PP+EPDM-Elastomer-Blends	469
6.2.6.5	Polypropylen-Blends	470
6.2.7	Polypropylen, Sondertypen	471
6.2.8	Polybutene (PB, PIB)	473
6.2.8.1	Polybuten-1 (PB)	473
6.2.8.2	Polyisobuten (PIB)	475
6.2.9	Höhere Poly-(α -Olefine) (PMP, PDCPD)	477
6.2.9.1	Poly-4-Methylpenten-1 (PMP)	477
6.2.9.2	Polydicyclopentadien (PDCPD)	478
6.3	Styrolpolymere	479
6.3.1	Polystyrol, Homopolymerisate (PS, PMS)	479
6.3.1.1	Polystyrol, PS; Poly-p-Methylstyrol (PPMS); Poly- α -Methylstyrol (PMS)	479

6.3.2	Polystyrol, Copolymerisate, Blends	480
6.3.2.1	Chemischer Aufbau	480
6.3.2.2	Verarbeitung	481
6.3.2.3	Eigenschaften	482
6.3.3	Polystyrol-Schaumstoff (PS-E, XPS)	490
6.4	Vinylpolymere	492
6.4.1	Polyvinylchlorid hart, Homopolymerisate (PVC-U) ..	492
6.4.1.1	Chemischer Aufbau	492
6.4.1.2	Lieferformen, Verarbeitung	492
6.4.1.3	Kennzeichnung	495
6.4.1.4	Eigenschaften und Einsatzgebiete	496
6.4.2	Polyvinylchlorid weich (PVC-P)	498
6.4.2.1	Aufbau	498
6.4.2.2	Lieferform, Verarbeitung	501
6.4.2.3	Weichmacher	502
6.4.2.4	Eigenschaften und Einsatzgebiete	505
6.4.3	Polyvinylchlorid: Copolymerisate und Blends	507
6.4.4	Polyvinylchlorid: Pasten, Plastisole, Organosole, Schäume	508
6.4.4.1	Pasten, Plastisole, Organosole	508
6.4.4.2	Schäume	509
6.4.5	Vinylpolymere, weitere Homo- und Copolymerisate (PVDC, PVAC, PVAL, PVME, PVFM, PVB, PVK, PVP)	510
6.4.5.1	Polyvinylidenchlorid (PVDC)	510
6.4.5.2	Polyvinylacetat (PVAC)	510
6.4.5.3	Polyvinylalkohol (PVAL)	511
6.4.5.4	Polyvinylmethylether (PVME)	511
6.4.5.5	Polyvinylbutyral, Polyvinylformal (PVB, PVFM) ...	511
6.4.5.6	Polyvinylcarbazol (PVK)	512
6.4.5.7	Polyvinylpyrrolidon und Copolymere (PVP)	512
6.5	Fluorpolymere	513
6.5.1	Fluor-Homopolymere (PTFE, PVDF, PVF, PCTFE) ..	513
6.5.1.1	Polytetrafluorethylen (PTFE)	513
6.5.1.2	Polyvinylidenfluorid (PVDF)	519
6.5.1.3	Polyvinylfluorid (PVF)	520
6.5.1.4	Polychlortrifluorethylen (PCTFE)	520

6.5.2	Fluor-Copolymerisate und -Elastomere (ECTFE, ETFE, FEP, TFEP, PFA, AF, PTFEAF, TFEHFPVDF (THV bzw. TFB), [FKM, FPM, FFKM])	521
6.5.2.1	Ethylen-Chlortrifluorethylen-Copolymer (ECTFE) ..	521
6.5.2.2	Ethylen-Tetrafluorethylen-Copolymer (ETFE)	522
6.5.2.3	Polyfluorethylenpropylen (FEP); Tetrafluorethylen)- Hexafluorpropylen-Copolymer (TFEP)	522
6.5.2.4	Perfluorpropylvinylether-Copolymer, Perfluoralkoxy (PFA)	523
6.5.2.5	PTFE-Copolymer mit AF (PTFEAF)	524
6.5.2.6	Tetrafluorethylen-Hexafluorpropylen- Vinylidenfluorid-Terpolymer (TFEHFPVDF (THV bzw. TFB))	524
6.5.2.7	Weitere Fluor-Copolymere	525
6.6	Polyacryl- und Methacrylpolymere	525
6.6.1	Polyacrylate, Homo- und Copolymerisate (PAA, PAN, PMA, PBA)	525
6.6.1.1	Polyacrylnitril (PAN)	525
6.6.1.2	Polyacrylate, Spezialprodukte	525
6.6.2	Polymethacrylate, Homo- und Copolymerisate (PMMA, AMMA, MABS, MBS)	526
6.6.2.1	Polymethylmethacrylat (PMMA)	526
6.6.2.2	Methylmethacrylat-Copolymerisate (AMMA)	531
6.6.2.3	Methylmethacrylat-Acrylnitril-Butadien-Styrol- Copolymere (MABS); Methacrylat-Butadien-Styrol- Copolymere (MBS)	532
6.6.3	Polymethacrylate, Modifizierungen und Blends (PMMI, PMMA-HI, MMA-EML-Copolymer, PMMA+ABS)	532
6.6.3.1	Polymethacrylmethylimid (PMMI)	532
6.6.3.2	Schlagzähes PMMA (PMMA-HI)	533
6.6.3.3	Methylmethacrylat-exo-Methylenlacton- Copolymerisat (MMA-EML-Copol., MMAEML)	534
6.6.3.4	PMMA+ABS	534
6.7	Polyoxymethylen (Polyacetal, Polyformaldehyd) (POM)	534
6.7.1	Polyoxymethylen-Homo- und Copolymerisate (POM-H, POM-Cop.)	534

6.7.2	Polyoxymethylen, Modifizierungen und Blends (POM+PUR)	546
6.8	Polyamide (PA)	550
6.8.1	Polyamide, Homopolymerisate (AB und AA/BB-Polymere); (PA 6, 11, 12, 46, 66, 69, 610, 612 (PA 7, 8, 9, 1313, 613))	550
6.8.1.1	Chemischer Aufbau	550
6.8.1.2	Verarbeitung	554
6.8.1.3	Eigenschaften	555
6.8.1.4	Einsatzgebiete	556
6.8.2	Modifikationen	559
6.8.3	Polyamide, Copolymerisate (PA 66/6, PA 6/12, PA 66/6/610 Blends (PA+: ABS, EPDM, EVA, PPS, PPE, Kautschuk)	560
6.8.4	Polyamide, Spezialpolymere (PA NDT/INDT (PA 6-3-T), PAPACM 12, PA 6-I, PA MXD6 (PARA), PA 6-T, PA 9-T, PA PDA-T, PA 6-6-T, PA 6-G und 12-G, TPA-EE)	561
6.8.5	Polyphthalamid (PPA)	566
6.8.6	Gusspolyamide (PA 6-G, PA 12-G)	567
6.8.7	Polyamid für Reaktionsgießen (PA-RIM)	567
6.8.8	Aromatische Polyamide, Aramide (PMPI, PPTA) ...	568
6.8.8.1	Poly-m-Phenylenisophthalamid (PMPI)	568
6.8.8.2	Poly-p-Phenylenterephthalamid (PPTA)	568
6.9	Aromatische (gesättigte) Polyester	568
6.9.1	Polycarbonat (PC)	569
6.9.1.1	Polycarbonat auf Basis Bisphenol A (PC)	569
6.9.1.2	Polycarbonat-Copolymere	574
6.9.1.3	Blends (Polymermischungen)	576
6.9.2	Polyester der Terephthalsäure, Blends, Blockcopolymere	578
6.9.2.1	Polyethylenterephthalat (PET)	578
6.9.2.2	Polybutylenterephthalat (PBT)	583
6.9.2.3	Zyklisches Polybutylenterephthalat (CBT)	585
6.9.2.4	Polytrimethylenterephthalat (PTT)	585
6.9.2.5	Thermoplastische Polyester-Elastomere (TPC)	585

6.9.2.6	Polyterephthalat-Blends (PET+: PBT, MBS, PMMA, PSU, Elastomer)	586
6.9.3	Polyester aromatischer Diole und Carbonsäuren (PAR, PBN, PEN)	586
6.9.3.1	Polyarylate (PAR)	586
6.9.3.2	Polybutylennaphthalat (PBN)	588
6.9.3.3	Polyethylennaphthalat (PEN)	588
6.10	Aromatische Polysulfide und Polysulfone (PPS, PSU, PES, PPSU, PSU+ABS)	589
6.10.1	Polyphenylensulfid (PPS)	589
6.10.2	Polyarylsulfone (PSU, PSU+ABS, PES, PPSU)	591
6.11	Aromatische Polyether, Polyphenylenether und Blends (PPE)	595
6.12	Aliphatische Polyester (Polyglykole)(PEOX, PPOX, PTHF)	598
6.13	Poly(aryl)etherketone (aromatische Polyetherketone) (PAEK: PEK, PEEK, PEKEKK, PEKK)	599
6.14	Aromatische Polyimide (PI)	604
6.14.1	Duroplastische Polyimide (PI, PBMI, PBI, PBO und weitere)	609
6.14.1.1	Polyimid (PI)	609
6.14.1.2	Polybismaleinimid (PBMI)	609
6.14.1.3	Polybenzimidazol (PBI)	610
6.14.1.4	Polytriazine	610
6.14.2	Thermoplastische Polyimide (PAI, PEI, PISO, PMI, PMMI, PESI, PARI)	611
6.14.2.1	Polyamidimid (PAI)	611
6.14.2.2	Polyetherimid (PEI)	612
6.14.2.3	Polyimidsulfon (PISO)	613
6.14.2.4	Polymethacrylimid (PMI (Hartschaumstoff))	613
6.14.2.5	Polymethacrylatmethylimid (PMMI)	614
6.14.2.6	Polyesterimid (PESI)	615
6.15	Selbstverstärkende teilkristalline Polymere (LCP)	615
6.15.1	Chemischer Aufbau	615
6.15.2	Verarbeitung	616
6.15.3	Eigenschaften	617
6.15.4	Einsatzgebiete	618

6.16	Leiterpolymere: Zweidimensionale Polyaromaten und -heterocyclen	618
6.17	Polyurethane (PUR)	622
6.17.1	Allgemeine Grundlagen	622
6.17.1.1	Chemischer Aufbau	623
6.17.1.2	Herstellung der Polymeren	625
6.17.1.3	Brandverhalten	627
6.17.1.4	Handhabung der Rohstoffe, Arbeitssicherheit	627
6.17.1.5	Umweltschutz, Sicherheit und Abfallverwertung ..	628
6.17.2	Rohstoffe, Hilfsstoffe	629
6.17.2.1	Di- und Polyisocyanate	629
6.17.2.2	Polyole, Polyamine	630
6.17.2.3	Vernetzer bzw. Kettenverlängerer	631
6.17.2.4	Hilfsstoffe	632
6.17.3	PUR-Kunststoffe	634
6.17.3.1	Weichschaumstoffe (PUR-W)	634
6.17.3.2	Hartschaumstoffe (PUR-H)	639
6.17.3.3	Integralschaumstoffe (PUR-I)	640
6.17.3.4	Massive PUR-Kunststoffe, PUR-M	643
6.18	Natürlich vorkommende Polymere und Derivate	645
6.18.1	Cellulose- und Stärke-Derivate; CA, CTA, CP, CAP, CAB, CN, EC, MC, CMC, CH, VF, PSAC	647
6.18.1.1	Chemischer Aufbau	647
6.18.1.2	Verarbeitung	649
6.18.1.3	Eigenschaften, Einsatzgebiete	650
6.18.2	Polyhydroxyfettsäuren/Polyhydroxyalkanoate (PHA)	654
6.18.3	Casein-Kunststoffe, Casein-Formaldehyd, Kunsthorn (CS, CSF)	655
6.18.4	Polylactid, Polymilchsäure (PLA)	655
6.18.5	Elektrisch leitfähige/luminiszierende Polymere ...	656
6.18.6	Aliphatisches Polyketon (PK)	660
6.19	Thermoplastische Elastomere (TPE)	662
6.19.1	Physikalischer Aufbau	663
6.19.2	Chemischer Aufbau, Eigenschaften, Einsatzgebiete	664

6.19.2.1	Copolyamide (TPA)	664
6.19.2.2	Copolyester (TPC)	666
6.19.2.3	Polyolefin-Elastomere (TPO)	667
6.19.2.4	Polystyrol-Elastomere (TPS)	667
6.19.2.5	Polyurethan-Elastomere (TPU)	668
6.19.2.6	Polyolefin-Blends mit vernetztem Kautschuk (TPV)	669
6.19.2.7	Weitere TPE, TPZ	669
6.20	Duroplaste, härtbare Formmassen, Prepregs Formaldehyd- Pressmassen (PF, RF, CF, XF, FF, MF, UF, MUF, MUPF) weitere Massen, Prepregs (UP, VE (PHA), EP, PDAP, SI)	669
6.20.1	Chemischer Aufbau	670
6.20.1.1	Formaldehyd-Formmassen (PF, RF, CF, XF, FF, MF, UF, MUF, MUPF)	670
6.20.1.2	Ungesättigte Polyester-Harze (UP)	671
6.20.1.3	Vinylester-Harze (VE) Phenacrylat-Harze; Vinylesterurethane (VU)	673
6.20.1.4	Epoxid-Harze (EP)	674
6.20.1.5	Diallylphthalat-Harze, Allylester (PDAP)	676
6.20.1.6	Silikon-Harze (Si)	676
6.20.2	Verarbeitung, Lieferformen	677
6.20.3	Eigenschaften	678
6.20.3.1	Allgemeine Eigenschaften	678
6.20.3.2	Phenoplast-Formstoffe (PF, CF, RF, XF)	681
6.20.3.3	Aminoplast-Formstoffe (UF, MF)	681
6.20.3.4	Melamin-Phenolharz-Formstoffe (MPF)	686
6.20.3.5	Melamin-Polyesterharz-Formstoffe (MF+UP)	686
6.20.3.6	Polyesterharz-Formstoffe (UP)	686
6.20.3.7	Vinylester-Formstoffe (VE)	687
6.20.3.8	Epoxidharz-Formstoffe (EP)	687
6.20.3.9	Diallylphthalat-Formstoffe (PDAP)	687
6.20.3.10	Silikonharze-Formstoffe (SI)	687
6.20.4	Einsatzgebiete	688
6.20.4.1	Phenoplast-Formstoffe (PF, RF, CF, XF, FF)	688
6.20.4.2	Aminoplast-Formstoffe (MF, UF, MPF)	689
6.20.4.3	Ungesättigte Polyesterharz-Formstoffe (UP)	689
6.20.4.4	Epoxidharz-Formstoffe (EP)	692

6.20.4.5	Diallylphthalat-Formstoffe (PDAP)	692
6.20.4.6	Silikon-Formstoffe (SI)	692
6.21	Härtbare Gieß- und Laminierharze	693
6.21.1	Phenoplaste (PF, CF, RF, XF)	693
6.21.1.1	Phenol-(PF), Kresol -(CF), Resorcin-(RF), Xylenol-Formaldehyd-Harze (XF)	693
6.21.2	Aminoplaste (UF, MF)	695
6.21.2.1	Harnstoff (UF), Melamin-Formaldehyd-Harze (MF)	695
6.21.3	Furanharz (FF)	695
6.21.4	Ungesättigte Polyester-Harze (UP)	696
6.21.5	Vinylester-Harze (VE) Phenacrylat-Harze	700
6.21.6	Epoxid-Harze (EP)	701
6.21.7	Dicyclopentadien-Harz (DCPD)	702
6.21.8	Diallylphthalat-Harze (PDAP)	703
6.21.9	Kohlenwasserstoff-Harze (KWH)	703
6.22	Kautschuke	703
6.22.1	Generelle Beschreibung	703
6.22.2	Allgemeine Eigenschaften	705
6.22.3	R-Kautschuke (NR, IR, BR, CR, SBR, NBR, NCR, IIR, PNR, SIR, TOR, HNBR)	709
6.22.4	M-Kautschuke (EPM, EPDM, AECM, EAM, CSM, CM, ACM, ABR, ANM, FKM, FPM, FFKM)	713
6.22.5	O-Kautschuke (CO, ECO, ETER, PO)	716
6.22.6	Q-(Silikon)-Kautschuke (MQ, MPQ, MVQ, PVMQ, MFQ, MVFQ)	717
6.22.7	T-Kautschuke (TM, ET, TCF)	719
6.22.8	U-Kautschuke (AFMU, EU, AU)	719
6.22.9	Polyphosphazene (PNF, FZ, PZ)	720
6.22.10	Weitere Kautschuke	721
7	Additive, Füllstoffe und Fasern	723
7.1	Additive	723
7.1.1	Gleitmittel, Antiblockmittel, Trennmittel	724
7.1.2	Stabilisatoren	726
7.1.3	Antistatika	728

7.1.4	Flammschutzmittel	729
7.1.5	Farbmittel	733
7.1.6	Additive für die Laserbeschriftung	738
7.1.7	Flexibilisatoren und Weichmacher	738
7.1.8	Haftvermittler	738
7.1.9	Treibmittel und Kicker	739
7.1.10	Nukleierungsmittel	742
7.1.11	Antibakterielle Mittel, Fungizide	742
7.2	Füllstoffe	744
7.2.1	Anorganische Füllstoffe	748
7.2.2	Nanofüllstoffe	753
7.2.2.1	Füllstoffe für magnetische und elektrische Eigenschaften	756
7.3	Fasern	758
7.3.1	Verstärkungsfasern	759
7.3.1.1	Synthetische, anorganische Fasern, Glasfasern (GF)	761
7.3.1.2	Natürliche organische Verstärkungsfasern, Naturfasern	766
7.3.1.3	Synthetische, organische Verstärkungsfasern, Kohlenstofffasern (CF), Aramidfasern (AF) u. a. ...	769
7.3.2	Fasern, Fäden, Borsten, Bänder	778
8	Kunststoffe im Vergleich	785
8.1	Verarbeitungstechnische Kennwerte und Toleranzen	786
8.2	Übersicht über mechanische, thermische und allgemeine elektrische Eigenschaften	800
8.3	Elektrisches Verhalten	813
8.4	Optisches Verhalten	814
8.5	Verhalten gegen Umwelteinflüsse	816
8.6	Reibungs- und Verschleißverhalten	829
8.7	Erkennen von Kunststoffen	835
Index		843