

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	11
Tabellenverzeichnis	25
1 Vorwort	27
2 Begriffe und Abkürzungen	29
3 Grundlagen	33
3.1 Verbundwerkstoffe	33
3.2 Der Markt für Faserverbundkunststoffe/Composites	34
3.2.1 Einordnung in die Kunststoff-Industrie und Marktbeschreibung	34
3.2.2 Anwendungen und Verfahren	35
3.2.3 Marktchancen	36
4 Werkstoffe	38
4.1 Rohstoffe	38
4.1.1 Harze	38
4.1.1.1 Ungesättigte Polyesterharze	38
4.1.1.2 Vinylesterharze	51
4.1.1.3 Diallylphthalatharze	59
4.1.1.4 Methyl-Methacrylatharze	60
4.1.1.5 Epoxidharze	67
4.1.1.6 Polyurethane	77
4.1.1.7 Phenol-Formaldehydharze	84
4.1.1.8 Aminoharze	85
4.1.2 Thermoplaste – Polypropylen	87
4.1.2.1 Einführung	87
4.1.2.2 Polymeraufbau	89
4.1.2.3 Eigenschaftspektrum	97
4.1.2.4 Verarbeitungsverfahren und Anwendungsgebiete	105
4.1.2.5 Aktuelle Entwicklungstrends und Zukunftsaussichten	107
4.1.3 Biopolymere	110
4.1.3.1 Beschreibung der Ausgangskomponenten	110
4.1.3.2 Voraussetzungen für die Verarbeitung	112
4.1.3.3 Darstellung ausgewählter Typen und ihrer Charakteristika	113
4.1.4 Reaktionsmittel	121
4.1.4.1 Chemische Grundlagen	121
4.1.4.2 Reaktionsmittel für Polymerisate	122
4.1.4.3 Reaktionsmittel für Polyadditionsreaktionen	126
4.1.4.4 Sicherer Umgang mit Reaktionsmitteln	128
4.1.5 Verstärkungsfasern	129
4.1.5.1 Textilglasfasern	129

4.1.5.2	Aramidfasern	139
4.1.5.3	Kohlenstoff-Fasern	145
4.1.5.4	Weitere Verstärkungsfasern	155
4.1.6	Vliesstoffe	166
4.1.6.1	Einführung	166
4.1.6.2	Herstellungsverfahren	167
4.1.6.3	Verwendungszweck	171
4.1.7	Füllstoffe	174
4.1.7.1	Einführung/Geschichtliches	174
4.1.7.2	Morphologie und Kristallstruktur	174
4.1.7.3	Ausgewählte Füllstoffe – eine Übersicht	176
4.1.7.4	Verfahrenstechnik	180
4.1.7.5	Anwendungshinweise für GFK	180
4.1.7.6	Ausblick	181
4.1.8	Additive	183
4.1.8.1	Einführung	183
4.1.8.2	Beschreibung der Additive	184
4.1.9	Farbmittel	203
4.1.9.1	Einführung/Geschichtliches	203
4.1.9.2	Grundlagen	204
4.1.9.3	Farbmittel in Faserverstärkten Kunststoffen	205
4.1.9.4	Übersicht ausgewählter Pigmente	206
4.1.9.5	Pigmentpräparationen und Aufbereitung	209
4.1.9.6	Ausblick	211
4.1.10	Trennmittel	211
4.1.10.1	Einleitung	211
4.1.10.2	Trennmittelsysteme	212
4.1.10.3	Anwendungsfelder	213
4.1.10.4	Parameter zur Trennmittelbestimmung	215
4.1.10.5	Trennmittelwahl nach Fertigungsmethode	216
4.1.10.6	Fehlerquellen	219
4.1.10.7	Beispielhafte Anwendungen	222
4.1.10.8	Schlusswort	223
4.2	Halbzeuge	224
4.2.1	Faserhalbzeuge	224
4.2.1.1	Herstellung von Faserhalbzeugen	224
4.2.1.2	Konfektion von Faserhalbzeugen	231
4.2.2	Prepregs	233
4.2.2.1	Einleitung	233
4.2.2.2	Herstellung und Eigenschaften von Duroplastprepregs	234
4.2.2.3	FVK-Halbzeuge mit thermoplastischer Matrix	235
4.2.3	Preform	237
4.2.3.1	Einleitung	237
4.2.3.2	Verfahren zur Herstellung von Preformen	239
4.2.3.3	Ausblick	242
4.2.4	SMC/BMC	243
4.2.4.1	Werkstoff SMC	243
4.2.4.2	BMC Polyesterformmassen	266

4.2.5	Thermoplastische Formmassen	278
4.2.5.1	Einführung	278
4.2.5.2	Ausgangsstoffe	278
4.2.5.3	Herstellverfahren	280
4.2.5.4	Eigenschaften	284
4.2.5.5	Ausblick	290
4.3	Werkzeug-Werkstoffe	291
4.3.1	Werkstoffe für geschlossene Werkzeuge	291
4.3.2	Werkstoffe für offene Werkzeuge	293
5	Werdegang eines Produktes	295
5.1	Gestaltung eines Produktes	295
5.2	Konstruktion und Berechnung	299
5.2.1	Umdenken in Schichten und Faserkoordinaten	300
5.2.2	Eigenschaften des Verbundes aus Fasern und Matrix	301
5.2.3	Eigenschaften mehrschichtiger Laminate	304
5.2.4	Dimensionierung mit der Klassischen Laminattheorie (CLT)	305
5.2.5	Festigkeitsanalyse	308
5.2.6	Nichtlineares Materialverhalten	311
5.2.7	Hilfsmittel für die Berechnung	313
5.2.8	Lebensdauer von FVK	314
5.2.9	Verhalten bei Crash	315
5.2.10	Krafteinleitungselemente	315
5.2.11	Anwendungsbeispiel „PKW-Motorhaube“	316
6	Herstellungsverfahren	326
6.1	Handlaminieren/Faserspritzen	326
6.1.1	Einleitung	326
6.1.2	Verfahrensgrundlagen	327
6.1.3	Betriebsmittel / Werkzeuge	330
6.1.4	Ausgangsstoffe für handlamierte oder fasergespritzte Bauteile	335
6.1.5	Verfahrensablauf	336
6.1.6	Gestaltungsparameter	341
6.1.7	Eigenschaften/Qualität	343
6.2	Nasspressen	346
6.2.1	Einführung	346
6.2.2	Verfahrensgrundlagen	346
6.2.3	Verfahrensablauf	347
6.2.4	Betriebsmittel	347
6.2.5	Ausgangsstoffe	352
6.2.5.1	Reaktionsharze	352
6.2.5.2	Verstärkungsmaterialien	354
6.2.5.3	Füllstoffe/Farbstoffe	355
6.2.6	Qualität von Pressteilen	358
6.2.7	Mögliche Fehler und ihre Ursachen	360
6.2.8	Ausblick	361
6.3	Wickelverfahren	361
6.3.1	Einleitung	361

6.3.2	Verfahrensgrundlagen	362
6.3.3	Anlagentechnik	365
6.3.4	Duroplastwickeln	367
6.3.5	Thermoplastwickeln	370
6.3.6	Qualität	375
6.3.7	Weitere Entwicklung	375
6.4	Profilziehverfahren.....	377
6.4.1	Einleitung / Geschichtliches	377
6.4.2	Verfahrensgrundlagen	378
6.4.3	Anlagenteile	379
6.4.4	Ausgangsstoffe	381
6.4.5	Gestaltungsparameter	384
6.4.6	Eigenschaften	386
6.4.7	Qualität	387
6.4.8	Weiterverarbeitung	387
6.4.9	Anwendungsbeispiele	387
6.5	Injektionsverfahren	390
6.5.1	Einführung.....	390
6.5.2	RTM-Verfahrensablauf.....	391
6.5.3	Verfahrensgrundlagen	392
6.5.4	Betriebsmittel	393
6.5.5	Ausgangsstoffe.....	394
6.5.6	Prozessvarianten/Gestaltungsoptionen.....	395
6.5.7	Zusammenfassung.....	396
6.5.8	Qualität	396
6.6	Das Spaltimprägnierverfahren	398
6.6.1	Einleitung	398
6.6.2	Konzept des Spaltimprägnierverfahrens	399
6.6.3	Formfüllvorgang im Spaltimprägnierverfahren	400
6.6.4	Fertigung von ebenen, monolithischen Bauteilen	402
6.6.5	Analyse der Fertigung von gekrümmten Sandwichbauteilen	404
6.6.6	Fazit und Ausblick.....	405
6.7	Heißpressen von SMC/BMC	407
6.7.1	Einführung/Geschichtliches	407
6.7.2	Verfahrensgrundlagen	408
6.7.3	Betriebsmittel	408
6.7.4	Produktionswerkzeuge/Hilfsmittel	415
6.7.5	Gestaltungsrichtlinien	418
6.7.6	Nachbehandlung	427
6.7.7	Qualität/Eigenschaften	427
6.8	Hochdruckpressen von GMT/LFT.....	428
6.8.1	Einführung/Geschichtliches	428
6.8.2	Verfahrensgrundlagen	429
6.8.3	Betriebsmittel/Verfahrensablauf	430
6.8.4	Ausgangsstoffe	432
6.8.5	Produktionswerkzeuge/Hilfsmittel	433
6.8.6	Gestaltungsrichtlinien	434
6.8.7	Nachbehandlung.....	436

6.8.8	Qualität/Eigenschaften	438
6.9	Spritzgießen von BMC	439
6.9.1	Einführung.....	439
6.9.2	Verfahrensgrundlagen	440
6.9.3	Betriebsmittel	442
6.9.4	Produktionswerkzeuge	445
6.9.5	Nachbehandlung.....	446
6.9.6	Qualität und Eigenschaften	446
6.10	Spritzgießen langfaserverstärkter Thermoplaste (LFT).....	447
6.10.1	Einführung.....	447
6.10.2	Prinzip der Langfaserverstärkung	448
6.10.3	Verfahrensgrundlagen.....	450
6.10.4	Betriebsmittel/Verfahrensablauf.....	451
6.10.5	Ausgangsstoffe	455
6.10.6	Verfahrenskombination für zielgerichtete Bauteilverstärkung.....	457
6.10.7	Ausblick und Entwicklungstendenzen	460
6.11	Kontinuierliches Laminieren	461
6.11.1	Einführung.....	461
6.11.2	Verfahrenstechnische Grundlagen.....	462
6.11.3	Ausgangsstoffe/Hilfsmittel.....	463
6.11.4	Kontinuierliche Herstellung planer Platten und Bahnen	469
6.11.5	Produkte – Konstruktion – Eigenschaften – Anwendungen.....	474
6.11.6	Qualität.....	479
6.12	Schleuderverfahren	480
6.12.1	Einführung.....	480
6.12.2	Grundlagen des Schleuderverfahrens.....	480
6.12.3	Fertigungseinrichtungen.....	481
6.12.4	Verfahrenstechnik	482
6.12.5	Verfahrensbedingte Produktmerkmale	483
6.12.6	Qualitätssicherung	484
6.13	Umformen endlosfaserverstärkter Thermoplaste.....	485
6.13.1	Einführung.....	485
6.13.2	Ausgangssituation	485
6.13.3	Verfahrensablauf.....	486
6.13.4	Umformverfahren, Betriebsmittel und Einsatzmöglichkeiten	487
6.14	Automatisierte Legeverfahren	492
6.14.1	Einleitung	492
6.14.2	Verfahrensgrundlagen.....	493
6.14.3	Anlagentechnik.....	494
6.14.4	Duroplast-Tapelegen	495
6.14.5	Thermoplast-Tapelegen	495
6.15	LFI-Verfahren	496
6.15.1	Einleitung	496
6.15.2	Verfahrensablauf.....	496
6.15.3	Anlagentechnik.....	497
6.15.4	Prozessüberwachung	505
6.15.5	Prozessvarianten.....	506
6.15.6	Zusammenfassung und Ausblick.....	507

6.16 Fertigteilbearbeitung	509
6.16.1 Spanende Bearbeitung	513
6.16.1.1 Fräsen	513
6.16.1.2 Bohren	516
6.16.1.3 Stanzen	518
6.16.1.4 Ultraschallschwingläppen	519
6.16.2 Strahl-Bearbeitung	521
6.16.2.1 Wasserstrahlschneiden	521
6.16.2.2 Laserstrahlschneiden	523
6.16.3 Fügetechnik	525
6.16.3.1 Oberflächenbehandlung	525
6.16.3.2 Kleben von FVK	527
6.16.3.3 Schweißen von FVK	531
6.16.3.4 Mechanisches Fügen	533
6.16.3.5 Weitere in der Praxis angewandte Verbindungstechniken	542
7 Normung	547
7.1 Normung als Instrument der Wirtschaft	547
7.2 Institutionen der Normungsarbeit	547
7.2.1 Der Fachnormenausschuss Kunststoffe (FNK) im Deutschen Institut für Normung e.V. (DIN)	547
7.2.1.1 Aufgabenbeschreibung des FNK	548
7.2.1.2 Organisationsschema des FNK	548
7.2.1.3 Finanzierung der Normungsarbeit	552
7.2.1.4 Berichte und Arbeitsergebnisse aus den Gremien	552
7.2.2 Die „International Standard Organisation (ISO)“	555
7.2.3 Das „Comité Européen de Normalisation“ (CEN)	556
7.2.4 Die wichtigsten Gremien des FNK mit ihren Internationalen Spiegelgremien	558
7.2.5 Das Europäische Normungsverfahren	559
7.3 Werdegang einer internationalen Norm	561
7.3.1 Verfahren	561
7.3.2 Kosten einer Norm	561
7.3.3 Weitere Komitees	562
8 Prüfverfahren	564
8.1 Einleitung	564
8.2 Die wichtigsten Bestimmungen im Überblick	564
9 Prüfzeichen	586
10 Die AVK stellt sich vor	589
Stichwortverzeichnis	591
Verzeichnis der Themenverantwortlichen und der Autoren	594