

CARL HANSER VERLAG

Gerhard W. Becker, Dietrich Braun, Wilbrand Woebcken

Duroplaste
Kunststoff Handbuch 10

3-446-14418-8

www.hanser.de

Inhaltsverzeichnis

1 Chemie und Physik der duroplastischen Harze

(Dr. W. Adam, Dr. P. Adolphs, Prof. Dr. D. Braun, Dr. K.-H. Decker, H. Emminger, Dr. F. Galle, Dr. A. Gardziella, Dr. W. Graf, Dr. H.-G. Haub, Prof. Dr. F. Lohse, P. Mattélé, Dr. H. Petersen, Dr. P. Quis, Dr. J.-P. Schik, unter Mitarbeit von Dr. H.-D. Exner, Dr. R. Grünwald, Dr. F. Kugler, Dr. B. Meier)

1.1 Grundlagen (Prof. Dr. D. Braun)	1
1.1.1 Allgemeines	1
1.1.2 Chemische Grundlagen	2
1.1.3 Charakterisierung von Netzwerken	3
Literatur zu Abschnitt 1.1	5
1.2 Formaldehyd-Kondensationsharze	6
1.2.1 Einführung (Dr. A. Gardziella)	6
1.2.1.1 Begriffe und Grundreaktionen	6
1.2.1.2 Geschichtliches	6
1.2.1.3 Wirtschaftliches	8
1.2.1.4 Rohstoffe (Formaldehyd)	9
Literatur zu Abschnitt 1.2.1	11
1.2.2 Phenolharze (PF) (Dr. A. Gardziella, Dr. H.-G. Haub)	12
1.2.2.1 Geschichtliches	12
1.2.2.2 Definition der Phenolharze	13
1.2.2.3 Rohstoffe	14
1.2.2.4 Reaktionen	19
1.2.2.5 Härtung von Resolen und Novolaken	24
1.2.2.6 Modifizierungen	25
1.2.2.7 Molekular-Strukturen	28
1.2.2.8 Produktion von Phenolharzen	32
1.2.2.9 Zuordnung der Phenolharzsorten zu Anwendungsgebieten	38
Literatur zu Abschnitt 1.2.2	39
1.2.3 Melaminharze (Dr. W. Adam)	41
1.2.3.1 Chemie der Harzkondensation	41
1.2.3.2 Vernetzungsreaktionen	44
1.2.3.3 Strukturanalytik	45
1.2.3.4 Härtung von Melamin-Formaldehyd-Harzen und Härtersysteme	46
1.2.3.5 Modifizierung von Melamin-Formaldehyd-Harzen	47
1.2.3.6 Herstellung von Melamin-Formaldehyd-Harzen	47
1.2.3.7 Anwendung von Melamin-Formaldehyd-Harzen	49
Literatur zu Abschnitt 1.2.3	49
1.2.4 Harnstoffharze (UF) (Dr. H. Petersen)	51
1.2.4.1 Prinzip der Aminoplast-Kondensationen	51
1.2.4.2 Katalyse, Kinetik und Mechanismus der N-Methylierung NH-gruppenhaltiger Verbindungen	53
1.2.4.3 Katalyse, Kinetik und Reaktionsmechanismen bei Aminoplast- kondensationen	58
1.2.4.4 Chemische Konstitution und Reaktivität der Ureidomethylierungsmittel	60
1.2.4.5 Kinetik der Polykondensation von Harnstoff mit Formaldehyd und Charakterisierung der Polykondensationsprodukte	62

1.2.4.6 Kondensationsreaktionen und Modifizierungen von UF-Harzen	63
1.2.4.7 Herstellung und Anwendung von Harnstoff-Formaldehyd-Harzen	65
Literatur zu Abschnitt 1.2.4	68
1.2.5 Furanharze (FF) (<i>Dr. A. Gardziella</i>)	70
1.2.5.1 Begriffe, Produkte, Anwendungen	70
1.2.5.2 Rohstoffe – Furfurylaldehyd, Furfurylalkohol	73
1.2.5.3 Furfurylalkohol – Homokondensate (FA-Harze)	76
1.2.5.4 Furfurylalkohol-Formaldehyd-Cokondensate (FA-F-Harze)	79
1.2.5.5 Furfurylaldehyd als Kondensationskomponente	81
1.2.5.6 Härtung von Furanharzen	83
Literatur zu Abschnitt 1.2.5	84
1.2.6 Formaldehyd-Mischharze (<i>Dr. P. Adolphs, Dr. H.-G. Haub</i>)	86
Literatur zu Abschnitt 1.2.6	89
1.3 Ungesättigte Polyesterharze (UP) (<i>Dr. J.-P. Schik</i>)	89
1.3.1 Marktentwicklung und Kapazitäten	89
1.3.2 Einsatzgebiete	91
1.3.3 Herstellung der Harze	91
1.3.3.1 Kondensationsvorgang	91
1.3.3.2 Ausgangskomponenten	94
1.3.4 Härtung der Harze	98
1.3.5 Kenndaten und Eigenschaften der UP-Harze	101
Literatur zu Abschnitt 1.3	102
1.4 Epoxidharze (EP) (<i>Prof. Dr. F. Lohse</i>)	103
1.4.1 Einführung	103
1.4.2 Synthesen von Epoxidharzen	103
1.4.2.1 Direktoxidation von Olefinen	104
1.4.2.2 Indirekte Methoden zur Herstellung von Epoxidharzen	106
1.4.3 Reaktionen von Epoxidverbindungen	108
1.4.4 Netzwerkstrukturen	112
1.4.5 Technische Harze, Härter und Hilfsstoffe	114
1.4.5.1 Epoxidharze (EP)	114
1.4.5.2 Reaktive Verdüner	114
1.4.5.3 Vernetzungskomponenten (Härter)	118
1.4.5.4 Polyadditionskatalysatoren	119
1.4.5.5 Flexibilisatoren	119
1.4.5.6 Impact-Modifizier	119
1.4.5.7 Bifunktionell vernetzende Systeme	120
1.4.6 Analytik	120
Literatur zu Abschnitt 1.4	120
1.5 Sonstige Harze (Si, DAP, DAIP, MMA)	124
1.5.1 Siliconharze (Si) (<i>Dr. W. Graf</i>)	124
1.5.1.1 Geschichtliche Entwicklung und wirtschaftliche Bedeutung	124
1.5.1.2 Herstellung und Aufbau der Siliconharze	124
1.5.1.3 Eigenschaften der Siliconharze	127
1.5.1.4 Verarbeitung und Härtung der Siliconharze	128
1.5.1.5 Anwendung der Siliconharze	129
Literatur zu Abschnitt 1.5.1	129
1.5.2 Diallylphthalat-Harze (DAP, DAIP) (<i>P. Mantel�</i>)	130
1.5.2.1 Aufbau der Harze	130

1.5.2.2 Nomenklatur-Bezeichnung der Harze und ihrer Monomeren . . .	131
1.5.2.3 Anwendung der Harze	131
Literatur zu Abschnitt 1.5.2	131
1.5.3 Methacrylat/Acrylat-Reaktionsharze (MMA) (<i>Dr. P. Quis</i>)	132
1.5.3.1 Ausgangsstoffe für Reaktionsharze auf Basis von Methacrylat/ Acrylat	132
1.5.3.2 Polymerisationsstartsysteme	133
1.5.3.3 Inhibitoren	133
1.5.3.4 Aushärtung	134
Literatur zu Abschnitt 1.5.3	134
1.6 Toxizität, Gewerbehygiene, Vorschriften (<i>Dr. F. Galle, unter Mitarbeit von Dr. K.-H. Decker, Dr. H.-D. Exner, Dr. R. Grünwald, Dr. F. Kugler, Dr. B. Meier</i>)	135
1.6.1 Einführung	135
1.6.2 Phenolharze	135
1.6.2.1 Kennzeichnung von Stoffen und Zubereitungen	135
1.6.2.2 Feste Phenolharze	136
1.6.2.3 Flüssige Phenolharze	137
1.6.2.4 In organischen Lösungsmitteln gelöste Phenolharze	137
1.6.3 Furanharze (FF)	138
1.6.4 Ungesättigte Polyesterharze (UP)	138
1.6.4.1 Ungesättigte Polyester in Styrol	138
1.6.4.2 Reaktionsmittel für UP-Harze	139
1.6.4.3 Hilfsmittel bei der UP-Harz-Verarbeitung	139
1.6.5 Epoxidharze (EP)	139
1.6.5.1 Unterschiedliche Wirkung der EP-Harz-Bestandteile	139
1.6.5.2 Feste Epoxidharze	141
1.6.5.3 Flüssige Epoxidharze	141
1.6.5.4 Reaktiv-Verdünner	142
1.6.5.5 Härter für Epoxidharze	142
1.6.6 Flüssige Methylmethacrylat-Harze (MMA)	143
1.6.7 Duroplastische Formmassen	143
1.6.7.1 Phenolharz-Formmassen	144
1.6.7.2 Füll- und Verstärkungsstoffe	144
1.6.7.3 UP-Harz-Formmassen	146
1.6.8 Produktinformationen	146
Literatur zu Abschnitt 1.6	146
1.7 Entsorgung von duroplastischen Kunststoff-Abfällen (<i>H. Emminger, Dr. K.-H. Decker</i>)	148
1.7.1 Einführung (<i>H. Emminger</i>)	148
1.7.2 Entsorgung von GFK (<i>H. Emminger</i>)	148
1.7.2.1 Materialmäßige Verwertung	149
1.7.2.2 Energetische Nutzung von GFK	149
1.7.2.3 Pyrolytische Nutzung von GFK	151
1.7.2.4 Zusammenfassung	152
Literatur zu Abschnitt 1.7.2	153
1.7.3 Abfallverwertung und Entsorgung bei härtbaren Formmassen (<i>K.-H. Decker</i>)	153
1.7.3.1 Recycling	153
1.7.3.2 Regenerat	153
1.7.3.3 Pyrolyse	154

1.7.3.4 Entsorgung	154
Literatur zu Abschnitt 1.7.3	155

2 Füll- und Verstärkungsstoffe sowie andere Zusatzstoffe

(H. Domininghaus)

2.1 Füllstoffe	157
2.1.1 Partikelförmige organische Füllstoffe	158
2.1.1.1 Holzmehl	158
2.1.1.2 Cellulosepulver	158
2.1.1.3 Schalen- und Kernmehle	159
2.1.1.4 Kautschuk	159
2.1.2 Partikelförmige anorganische Füllstoffe	160
2.1.2.1 Andalusit	160
2.1.2.2 Feldspat	160
2.1.2.3 Glimmer	160
2.1.2.4 Kaolin	161
2.1.2.5 Kieselgur	162
2.1.2.6 Mikrokugeln	162
2.1.2.7 Massive Mikro-Glaskugeln	162
2.1.2.8 Hohle Mikro-Glaskugeln	163
2.1.2.9 Hohle Mikro-Silicatkugeln	163
2.1.2.10 Mullit	163
2.1.2.11 Nephelin	163
2.1.2.12 Olivin	163
2.1.2.13 Sillimanit	163
2.1.2.14 Talkum	164
2.1.2.15 Quarzkies, Quarzsand, Quarzmehl	164
2.1.2.16 Schiefermehl	165
2.1.2.17 Siliciumcarbid	165
2.1.2.18 Wollastonit	166
2.1.2.19 Calciumcarbonate	166
2.1.2.20 Dolomit	166
2.1.2.21 Elektrokorund	167
2.1.2.22 Kryolith	167
2.1.2.23 Schwerspat	167
2.1.2.24 Metalle und Metalloxide	168
2.1.2.25 Kohle	168
2.2 Verstärkungsstoffe	169
2.2.1 Organische Verstärkungsfasern	169
2.2.1.1 Holzfasern	169
2.2.1.2 Cellulosefasern	170
2.2.1.3 Sisal	170
2.2.1.4 Polyacrylnitril	170
2.2.1.5 Polyester	171
2.2.1.6 Polyamide	171
2.2.1.7 Polyvinylalkohol	171
2.2.2 Anorganische Verstärkungsfasern	171
2.2.2.1 Asbest	171
2.2.2.2 Glasfasern	172
2.2.2.3 C-Fasern	173
2.2.2.4 Aramidfasern	174

2.2.2.5 Metallfasern	174
2.2.2.6 Borfasern	175
2.2.2.7 Metalloxydfasern	175
2.2.2.8 Whisker	175
2.2.2.9 Isolierfasern	175
2.3 Gleit- und Trennmittel	176
2.4 Fließhilfen	176
2.4.1 Magnesiumoxid	176
2.4.2 Synthetische Kieselsäure	177
2.5 Haftvermittler	177
2.5.1 Silanhaftvermittler	177
2.5.2 Titanate	178
2.6 Weichmacher	178
2.7 Antistatika	178
2.7.1 Graphit	179
2.7.2 Metalle	179
2.7.3 Ruß	179
2.8 Brandschutzmittel	180
2.9 Treibmittel	181
2.10 Festschmierstoffe	181
2.10.1 Molybdändisulfid	181
2.10.2 Polytetrafluorethylen	182
2.11 LP-Additive	182
2.12 Photoinitiatoren	182
2.13 Farbmittel	183
2.13.1 Anorganische Pigmente	184
2.13.1.1 Titandioxid	184
2.13.1.2 Zinksulfid	185
2.13.1.3 Lithopone	185
2.13.1.4 Blancfixe	185
2.13.1.5 Ruß	185
2.13.1.6 Eisenoxidpigmente	186
2.13.1.7 Chromoxidpigmente	186
2.13.1.8 Oxidische Mischphasenpigmente	186
2.13.1.9 Sulfide und Sulfoselenide	186
2.13.1.10 Chromat- und chromhaltige Pigmente	187
2.13.1.11 Ultramarin-Pigmente	187
2.13.2 Organische Buntpigmente	188
2.13.2.1 Azopigmente	189
2.13.2.2 Monoazopigmente	190
2.13.2.3 Disazopigmente	190
2.13.2.4 Naphthol AS- und Benzimidazol-Pigmente	190
2.13.2.5 Disazokondensations-Pigmente	190
2.13.2.6 Metallkomplex-Pigmente	190
2.13.2.7 Phthalocyanin-Pigmente	190
2.13.2.8 Küpenpigmente	191
2.13.2.9 Nichtverküpbare polycyclische Pigmente	191
2.13.2.10 Lösliche Farbstoffe	191
2.13.3 Farbmittel mit speziellen Eigenschaften	192
2.13.3.1 Metalleffekt-Pigmente	192

2.13.3.2 Perlglanz-Pigmente	192
2.13.3.3 Titandioxid-Perlglanzpigmente	192
2.13.4 Optische Aufheller	192
2.14 Andere Zusatzstoffe	193
Literatur zu Kapitel 2	193

3 Formmassen aus duroplastischen Harzen

(Dr. H. August, Prof. Dr. W. Bauer, Dr. K.-H. Decker, G. P. Ehnert, Dr. W. Graf, W. Harms,
Dr. F. J. Huster, P. Mattel , Dr. G. Morawetz, Dr. W. Sch nthalers)

3.1 Einführung (Dr. W. Sch�nthalers)	195
Literatur zu Kapitel 3.1	198
3.2 Grundsätzliches zur Auswahl und Verarbeitbarkeit von Formmassen (Prof. Dr. W. Bauer)	198
3.2.1 Auswahlkriterien	198
3.2.2 Verarbeitungsverfahren	200
3.2.3 Verarbeitungseigenschaften	203
3.2.4 Prozeßführung	204
3.2.5 Werkzeuge	206
Literatur zu Abschnitt 3.2	206
3.3 Phenolharz-Formmassen	
Aufbau, Verarbeitungs- und Werkstoffeigenschaften, Anwendung (Dr. W. Sch�nthalers)	207
3.3.1 Geschichtliche Entwicklung, wirtschaftliche Bedeutung	207
3.3.2 Aufbau der Formmassen	209
3.3.3 Aufbereitungsprinzip	211
3.3.3.1 Schmelzflu�verfahren	211
3.3.3.2 Fl�ssigharzverfahren	212
3.3.3.3 Turbomischer-Verfahren	213
3.3.4 Normung, Lieferformen, Lagerbedingungen	214
3.3.4.1 Typisierung und Überwachung	214
3.3.4.2 Lieferformen	217
3.3.4.3 Lagerbedingungen	218
3.3.5 Verarbeitung	219
3.3.5.1 Pressen	220
3.3.5.2 Preßwerkzeuge	223
3.3.5.3 Spritzpressen, Transferverfahren	223
3.3.5.4 Spritzgießen	225
3.3.5.5 Angu�technik	228
3.3.5.6 Spritzpr�gen	229
3.3.5.7 Kaltkanal-Technik	229
3.3.5.8 Massebedingte Besonderheiten der Phenoplast-Verarbeitung	230
3.3.5.9 Verarbeitungsfehler	231
3.3.5.10 Nachbearbeitung	231
3.3.6 Prüfung	236
3.3.6.1 Prüfung der Formmassen	237
3.3.6.2 Prüfung des Formstoffs	250
3.3.6.3 Prüfung der Formteile	257
3.3.7 Anwendung	261
Literatur zu Abschnitt 3.3	264

3.4 Melamin- und Melamin/Phenolharz-Formmassen	
Aufbau, Verarbeitungs- und Werkstoffeigenschaften, Anwendung (<i>Dr. W. Schönthaler</i>)	266
3.4.1 Geschichtliche Entwicklung, wirtschaftliche Bedeutung	266
3.4.2 Aufbau der Formmassen	267
3.4.3 Aufbereitungsprinzip	268
3.4.4 Normung, Lieferformen, Lagerbedingungen	268
3.4.4.1 Normung	268
3.4.4.2 Lieferformen	268
3.4.4.3 Lagerbedingungen	268
3.4.5 Verarbeitung	271
3.4.6 Prüfung	272
3.4.7 Anwendung	273
Literatur zu Abschnitt 3.4	274
3.5 Harnstoffharz (UF)-Formmassen	
Aufbau, Verarbeitungs- und Werkstoffeigenschaften, Anwendung (<i>Dr. F. J. Huster</i>)	275
3.5.1 Geschichtliche Entwicklung, wirtschaftliche Bedeutung	275
3.5.2 Aufbau der Formmassen	275
3.5.2.1 Einführung	275
3.5.2.2 Harnstoffharze	276
3.5.2.3 Füllstoffe	277
3.5.2.4 Gleit- und Trennmittel, Weichmacher	277
3.5.3 Aufbereitungsprinzip	278
3.5.4 Normung, Lieferformen, Lagerbedingungen	279
3.5.4.1 Normen	279
3.5.4.2 Lieferformen	282
3.5.4.3 Lagerbedingungen	283
3.5.5 Verarbeitung	283
3.5.6 Prüfung	284
3.5.6.1 Prüfung der Formmasse	284
3.5.6.2 Prüfung der Formteile	285
3.5.7 Anwendung	286
Literatur zu Abschnitt 3.5	287
3.6 Feucht aufbereitete Polyesterharz-Formmassen	
Aufbau, Verarbeitungs- und Werkstoffeigenschaften, Anwendung (<i>G. P. Ehnert, W. Harms</i>)	287
3.6.1 SMC-Harzmatten (<i>G. P. Ehnert</i>)	288
3.6.1.1 Geschichtliche Entwicklung, wirtschaftliche Bedeutung	288
3.6.1.2 Aufbau des SMC	288
3.6.1.3 Aufbereitungsprinzip	292
3.6.1.4 Normung, Lieferformen, Lagerbedingungen	296
3.6.1.5 Verarbeitung	296
3.6.1.6 Prüfung	303
3.6.1.7 Formteilgestaltung	306
3.6.1.8 Anwendung	308
Literatur zu Abschnitt 3.6.1	312
3.6.2 BMC-Formmassen (<i>W. Harms</i>)	312
3.6.2.1 Geschichtliche Entwicklung, wirtschaftliche Bedeutung	312
3.6.2.2 Aufbau der Formmassen	313
3.6.2.3 Aufbereitungsprinzip	314

3.6.2.4 Lieferformen	315
3.6.2.5 Verarbeitung	315
3.6.2.6 Prüfung	320
3.6.2.7 Anwendung	322
Literatur zu Abschnitt 3.6.2	323
3.7 Trocken aufbereitete Polyesterharz-Formmassen	
Aufbau, Verarbeitungs- und Werkstoffeigenschaften, Anwendung	
(Dr. K.-H. Decker)	324
3.7.1 Geschichtliche Entwicklung, wirtschaftliche Bedeutung	324
3.7.2 Aufbau der Formmassen	325
3.7.2.1 Bindemittel	325
3.7.2.2 Vernetzer	325
3.7.2.3 Härter	325
3.7.2.4 Verstärkungsstoffe	326
3.7.2.5 Füllstoffe	326
3.7.2.6 Gleit- und Trennmittel	326
3.7.2.7 Farbmittel	326
3.7.2.8 Andere Zusatzstoffe	327
3.7.3 Aufbereitungsprinzip	327
3.7.4 Normung, Lieferformen, Lagerbedingungen	327
3.7.4.1 Normung	327
3.7.4.2 Lieferformen	330
3.7.4.3 Lagerbedingungen	330
3.7.5 Verarbeitung	330
3.7.6 Prüfung	332
3.7.6.1 Prüfung der Formmasse	332
3.7.6.2 Prüfung der Formstoffe	332
3.7.6.3 Prüfung der Formteile	334
3.7.7 Anwendung	334
Literatur zu Abschnitt 3.7	337
3.8 Epoxidharz-Formmassen für allgemeine Anwendungen	
Aufbau, Verarbeitungs- und Werkstoffeigenschaften, Anwendung	
(Dr. G. Morawetz)	338
3.8.1 Geschichtliche Entwicklung, wirtschaftliche Bedeutung	338
3.8.2 Aufbau der Formmassen	338
3.8.2.1 Harze	338
3.8.2.2 Härter	339
3.8.2.3 Füllstoffe, Verstärkungsmittel	339
3.8.2.4 Gleit- und Trennmittel	339
3.8.2.5 Pigmente	340
3.8.2.6 Flexibilisatoren	340
3.8.2.7 Kupplungsreagenzien	340
3.8.2.8 Flammenschutzmittel	341
3.8.3 Aufbereitungsprinzip	341
3.8.3.1 Trockenmischverfahren	341
3.8.3.2 Schmelzverfahren	342
3.8.3.3 Imprägnierverfahren	342
3.8.4 Normung, Lieferformen, Lagerbedingungen	342
3.8.5 Verarbeitung	344
3.8.5.1 Dosieren	345
3.8.5.2 Tablettieren	345

3.8.5.3 HF-Vorwärmen	345
3.8.5.4 Vorplastifizieren	346
3.8.5.5 Pressen	346
3.8.5.6 Spritzpressen	349
3.8.5.7 Spritzgießen	351
3.8.6 Prüfung	352
3.8.6.1 Prüfung der Formmassen	352
3.8.6.2 Prüfung der Formstoffs	356
3.8.6.3 Prüfung der Formteile	358
3.8.7 Anwendungsgebiete	358
3.9 Epoxidharz-Formmassen für die Umhüllung elektronischer Bausteine Aufbau, Verarbeitungs- und Werkstoffeigenschaften, Anwendung (<i>Dr. G. Morawetz</i>)	361
3.9.1 Geschichtliche Entwicklung, wirtschaftliche Bedeutung	361
3.9.2 Aufbau der Formmassen	362
3.9.2.1 Harze	362
3.9.2.2 Härter	362
3.9.2.3 Beschleuniger	362
3.9.2.4 Füllstoffe	363
3.9.2.5 Flexibilisatoren	363
3.9.2.6 Andere Hilfsmittel	363
3.9.3 Aufbereitungsprinzip	364
3.9.4 Normung, Lieferformen, Lagerbedingungen	364
3.9.5 Verarbeitung	364
3.9.6 Prüfung	364
3.9.6.1 Prüfung der Formmasse	364
3.9.6.2 Prüfung der Formstoffs	366
3.9.6.3 Prüfung der Formteile	366
Literatur zu den Abschnitten 3.8 und 3.9.	367
3.10 Sonstige Formmassen	
Aufbau, Verarbeitungs- und Werkstoffeigenschaften, Anwendung	368
3.10.1 Siliconharz-Formmassen (<i>Dr. W. Graf</i>)	368
3.10.1.1 Geschichtliche Entwicklung, wirtschaftliche Bedeutung	368
3.10.1.2 Aufbau der Formmassen	368
3.10.1.3 Aufbereitungsprinzip	369
3.10.1.4 Lieferform, Verarbeitung	369
3.10.1.5 Eigenschaften der Siliconharz-Formmassen und der Form- teile	370
3.10.1.6 Anwendung	371
Literatur zu Abschnitt 3.10.1.	371
3.10.2 Diallylphthalat-Formmassen (DAP, DAIP) (<i>P. Mattelé</i>)	371
3.10.2.1 Geschichtliche Entwicklung, wirtschaftliche Bedeutung	372
3.10.2.2 Aufbau der Formmassen	372
3.10.2.3 Verarbeitung	373
3.10.2.4 Eigenschaften der Formmassen und Formteile	374
3.10.2.5 Anwendung	375
Literatur zu Abschnitt 3.10.2.	376
3.11 Erfahrungen mit der Gütesicherung von duroplastischen Formmassen und Formteilen (<i>Dr. H. August</i>)	377
Literatur zu Abschnitt 3.11	383

4 Duroplastische Tafeln, Rohre und Profile

(K. Borchard†, H. Schute, H. Wichers, Dr. J. Zehrfeld)

4.1 Einführung (K. Borchard†)	385
4.2 Technische Lamine und Elektroisiermaterialien (K. Borchard†)	387
4.2.1 Herstellungsverfahren	388
4.2.1.1 Imprägnierung der Bahnen	388
4.2.1.2 Tafelherstellung	393
4.2.1.3 Rohrherstellung	396
4.2.1.4 Formpreßrohre, Profile	398
4.2.1.5 Laminatherstellung mit polymerisierenden Reaktionsharzen	399
4.2.2 Beschreibung der einzelnen Qualitäten	400
4.2.2.1 PF-Harz-Lamine	400
4.2.2.2 EP-Harz-Lamine	408
4.2.2.3 UP-Harz-Lamine	417
4.2.2.4 Lamine mit sonstigen duroplastischen Harzen	421
4.2.3 Prüfung von Schichtpreßstoffen	425
4.2.3.1 Allgemeine DIN-Prüfverfahren	425
4.2.3.2 Spezielle Prüfungen	426
4.2.4 Bearbeitung von Schichtpreßstoffen	427
4.2.5 Anwendung	433
4.2.5.1 Anwendung in der Elektrotechnik	433
4.2.5.2 Anwendung im Maschinenbau	434
4.3 Basismaterial für gedruckte Schaltungen (K. Borchard†)	434
4.3.1 Einführung	434
4.3.2 Typenübersicht und Normung	435
4.3.3 Herstellung	437
4.3.4 Anforderungen an das kaschierte Material	437
4.3.4.1 Kupferkaschierung	437
4.3.4.2 Basismaterial	438
4.3.4.3 Dimensionsstabilität	438
4.3.4.4 Eignung zum Bohren und Stanzen	442
4.3.4.5 Flammenschutz	444
4.3.4.6 Chemikalienbeständigkeit	445
4.3.5 Mehrlagenschaltungen (Multilayer)	445
4.3.5.1 Herstellung	445
4.3.5.2 Oberflächenmontage von Bauelementen	448
4.3.5.3 Masslam-Technik (Mass-Lamination)	449
Literatur zu den Abschnitten 4.1 bis 4.3	450
4.4 Dekorative Lamine und beschichtete Holzwerkstoffe (H. Schute)	451
4.4.1 Einführung	451
4.4.2 Rohstoffe für die Herstellung von dekorativen Schichtstoffplatten und für die Beschichtung von Holzwerkstoffen	452
4.4.2.1 Formaldehyd-Kondensationsharze (Modifizierungsmittel und Härter)	452
4.4.2.2 Papiere	455
4.4.2.3 Trennpapiere und Trennfolien	457
4.4.3 Imprägnierung und Trocknung	458
4.4.3.1 Verfahrenstechnik	458
4.4.3.2 Dekorative Hochdruckschichtstoffplatten (HPL)	459
4.4.3.3 Kontinuierlich hergestellte Lamine (CL)	461

4.4.3.4 Kunststoffbeschichtete dekorative Flachpreßplatten (KF) (Direktbeschichtete Spanplatten)	461
4.4.3.5 Grundier- und Möbelfolien	462
4.4.3.6 Kunststoffbeschichtete dekorative Hartfaserplatten (KH)	462
4.4.3.7 Möbel-Fertigfolien (Finishfolien)	462
4.4.4 Pressen	464
4.4.4.1 Verfahrenstechnik	464
4.4.4.2 Dekorative Hochdruckschichtstoffplatten (HPL)	464
4.4.4.3 Pressen für die kontinuierliche Herstellung von dekorativen Laminaten (CL)	465
4.4.4.4 Pressen für die Direktbeschichtung von Spanplatten	466
4.4.4.5 Grundier- und Möbelfolien	469
4.4.4.6 Pressen für die Beschichtung von Hartfaserplatten	469
4.4.5 Prüfungen und Anforderungen	469
4.4.6 Eigenschaften, Verarbeitung und Anwendung	470
4.4.6.1 Produkte mit Aminoplast-, vorwiegend Melamin-Formaldehyd- harz-Deckschichten, unter Druck ausgehärtet	471
4.4.6.2 Grundier- und Möbelfolien, Möbel-Finishfolien	477
Literatur zu Abschnitt 4.4	479
4.5 Kunstharzpreßholz (<i>H. Wichers</i>)	480
4.5.1 Entwicklung des Werkstoffes	480
4.5.2 Rohstoffe	480
4.5.2.1 Trägermaterial	480
4.5.2.2 Bindemittel	481
4.5.3 Herstellverfahren	481
4.5.3.1 Harzbehandlung	481
4.5.3.2 Auftragsverfahren	481
4.5.3.3 Tränkverfahren	482
4.5.3.4 Vorbehandlung der Furnierblätter	482
4.5.3.5 Pressen der Blöcke	482
4.5.3.6 Bearbeitung der Blöcke	483
4.5.4 Qualitätsmerkmale	483
4.5.4.1 Veredelungsprozeß mit Gefügeänderung	483
4.5.4.2 Werkstoffverhalten	484
4.5.4.3 Werkstoffnormen	484
4.5.4.4 Werkstoffprüfungen	485
4.5.4.5 Werkstoffeigenschaften	485
4.5.5 Anwendungsbereiche	487
4.5.5.1 Maschinenbauindustrie	487
4.5.5.2 Elektroindustrie	488
Literatur zu Abschnitt 4.5	490
4.6 Kern- und Faserverbundwerkstoffe (<i>Dr. J. Zehrfeld</i>)	490
4.6.1 Einführung	490
4.6.2 Faser-Matrix-Interaktion	491
4.6.3 Rohstoffe	493
4.6.3.1 Verstärkungsfasern	493
4.6.3.2 Matrixharze	497
4.6.4 Verarbeitungsverfahren	500
4.6.4.1 Naßlaminieren im Handauflegeverfahren	500
4.6.4.2 Fadenwickeltechnik (Filament Winding)	501
4.6.4.3 Strangziehverfahren (Pultrusion)	503

4.6.4.4 Prepregverarbeitung	503
4.6.4.5 Faserspritzverfahren	505
4.6.5 Bearbeitung von faserverstärkten Kunststoffen	505
4.6.6 Anwendungen	505
Literatur zu Abschnitt 4.6	507

5 Duroplastische Gießharzmassen und Werkzeugharze

(Dr. R. Huwylar, Dr. O. Koch, J. Stawowy, Dr. R. Stierli)

5.1 Einführung in die Gießharztechnik (Dr. R. Stierli)	509
5.2 Epoxid-Gieß- und Imprägnierharze für die Elektroindustrie (Dr. R. Stierli)	510
5.2.1 Allgemeines, Normen und Begriffe	510
5.2.2 Epoxid-Gießharzmassen	511
5.2.2.1 Epoxidharze	511
5.2.2.2 Härter	511
5.2.2.3 Füllstoffe	513
5.2.2.4 Beschleuniger, Verdünner und Flexibilisatoren	513
5.2.3 Vorbereitung des Gießprozesses	513
5.2.3.1 Allgemeines	513
5.2.3.2 Aufbereiten der Komponenten	514
5.2.3.3 Zubereiten der Gießharzmasse durch Dosieren und Mischen	514
5.2.3.4 Vorbereitung der Gießformen	515
5.2.3.5 Hinweise zum Reaktionsverlauf	515
5.2.4 Gieß- und Imprägnierverfahren	515
5.2.4.1 Gießen	515
5.2.4.2 Automatisches Druckgeliervverfahren	516
5.2.4.3 Imprägnieren	518
5.2.4.4 Träufeln	519
5.2.5 Eigenschaften von Epoxidharz-Formstoffen	520
5.2.6 Anwendung von Epoxid-Gießharzen	521
5.2.6.1 Anwendungen in der Hochspannungstechnik	521
5.2.6.2 Anwendungen in Elektronik und Niederspannungstechnik	526
Literatur zu Abschnitt 5.1 und 5.2	527
5.3 EP-Harze als Werkzeugharze (Dr. R. Huwylar)	528
5.3.1 Einführung	528
5.3.2 Formuliert Werkzeugharze auf Epoxidharzbasis	528
5.3.3 Aufbau von Werkzeugen	530
5.3.4 Aufbau von Werkzeugen mit Reaktionsharzen	532
5.3.4.1 Gegossene Aufschraubmodelle	532
5.3.4.2 Formplatten	532
5.3.4.3 Kernbüchsen	532
5.3.4.4 Kopierfräsmmodelle	533
5.3.4.5 Lehrenbau	533
5.3.4.6 Stanzwerkzeug	534
5.3.4.7 Blechumformungswerkzeug	534
5.3.4.8 Urmodellbau	535
5.3.4.9 Modellbau für die Keramik- und Porzellan-Verarbeitung	537
5.3.4.10 Spezielle Werkzeuge für die Kunststoff-Verarbeitung	537
5.4 Herstellung von Knöpfen aus UP-Harzen (J. Stawowy)	538
5.4.1 Schleuderverfahren	539
5.4.2 Stangengießverfahren	539

5.4.3	Formgießverfahren	539
5.4.4	Preßverfahren	539
5.4.5	Einstellung des Reaktionsverhaltens	539
5.5	PF-Harze für Edeldunstharze, Modell- und Werkzeugharze (<i>Dr. O. Koch</i>)	540
5.5.1	Geschichtliche Entwicklung	540
5.5.2	Begriffe	540
5.5.3	Ausgangsstoffe	541
5.5.3.1	Phenole	541
5.5.3.2	Formaldehyd	541
5.5.3.3	Katalysatoren	541
5.5.4	Formen und deren Vorbehandlung	541
5.5.5	Herstellung des Gießharzes	541
5.5.6	Einfärben der Gießharze	542
5.5.7	Härtung	542
5.5.8	Verarbeitung von Gießlingen (Halbzeuge)	543
5.5.8.1	Sägen von Kunststoffen	543
5.5.8.2	Bohren und Gewindeschneiden	543
5.5.8.3	Drehen	544
5.5.8.4	Fräsen	545
5.5.8.5	Schleifen	545
5.5.8.6	Polieren	545
5.5.9	Anwendung	545
	Literatur zu Abschnitt 5.5	547

6 Reaktionsharz-Klebstoffe, Zusammensetzung und Verarbeitung

(*H. Koller, Dr. U. T. Kreibich, M. Menze, Dr. M. Preiswerk, Dr. W. Triebel*)

6.1	Bedeutung duroplastischer Reaktionsharz-Klebstoffe (<i>Dr. M. Preiswerk</i>)	549
6.1.1	Weltweiter Klebstoffmarkt	549
6.1.2	Strukturkleber	550
6.1.3	Zukunft der Strukturkleber	550
6.2	Epoxidharz-Klebstoffe	551
6.2.1	Formulierung von Epoxidharz-Klebstoffen (<i>Dr. U. T. Kreibich</i>)	551
6.2.1.1	Einführung	551
6.2.1.2	Abklärung der Ausgangsfaktoren	551
6.2.1.3	Einflußparameter bei der Formulierung	552
6.2.1.4	Komponenten in Epoxidharz-Klebstoffen	553
	Literatur zu Abschnitt 6.2.1	555
6.2.2	Eigenschaften von Klebstoffen und Verklebungen (<i>Dr. U. T. Kreibich</i>)	555
6.2.2.1	Einführung	555
6.2.2.2	Fügeflächenvorbehandlung	556
6.2.2.3	Eigenschaften von Epoxidharzklebstoffen nach der Härtung	557
6.2.2.4	Eigenschaften von Verklebungen mit Epoxidharzklebstoffen	557
	Literatur zu Abschnitt 6.2.2	565
6.2.3	Verarbeitung von Reaktionsklebstoffen (<i>H. Koller</i>)	566
6.2.3.1	Vorbereitung der Substrate und Vorbehandlung der Fügeflächen	566
6.2.3.2	Dosieren und Mischen	566
6.2.3.3	Klebstoffauftrag	567
6.2.3.4	Zusammenfügen und Fixieren der Substrate	570
6.2.3.5	Härten des Klebstoffes	570

6.2.4 Design mit Klebstoffen (<i>M. Menze</i>)	570
6.2.5 Anwendungen für Strukturkleber (<i>Dr. M. Preiswerk</i>)	574
6.2.5.1 Bereiche der Endverbraucherindustrien	574
6.2.5.2 Spezifische Anwendungen struktureller Kleber	575
6.3 Klebstoffe auf Acrylatbasis (<i>Dr. W. Triebel</i>)	578
6.3.1 Einführung	578
6.3.2 Anionisch härtende α -Cyanoacrylat-Klebstoffe	579
6.3.3 Anaerobe Klebstoffe	582
6.3.4 Methacrylat-Klebstoffe	585
Literatur zu Abschnitt 6.3	589

7 Duroplastische Leime und Holzwerkstoffe

(*Dr. M. Dunky, D. Eißfeldt, H. Henke, Dr. R. Müller, E. E. Munk, Dr. A. Nicolay*)

7.1 Einführung (<i>Dr. R. Müller</i>)	591
7.1.1 Definition der Holzwerkstoffe	591
7.1.2 Geschichtliches über Holzwerkstoffe	591
7.1.3 Holzleime	592
Literatur zu Abschnitt 7.1	593
7.2 Aminoplast-Leime (<i>Dr. M. Dunky</i>)	593
7.2.1 Einführung	593
7.2.2 Herstellungsrezepturen und Kondensationsführung	594
7.2.3 Technische Herstellung	596
7.2.4 Technologische Kennwerte	599
7.2.4.1 Grundlegende Eigenschaften	599
7.2.4.2 Alterungsverhalten	600
7.2.5 Formaldehydgehalt und Molverhältnis	601
7.2.6 Molmassenverteilung von Leimharzen	603
7.2.6.1 Gelpermeationschromatographie (GPC)	603
7.2.6.2 Trübungspunkt und Wasserverträglichkeit	604
7.2.6.3 Mittlere Molmassen	605
7.2.7 Beeinflussung technologischer Eigenschaften der Leime	606
7.2.7.1 Einfluß des Molverhältnisses F/U	606
7.2.7.2 Einfluß des Kondensationsgrades	607
7.2.7.3 Harze mit Kaltklebeeigenschaften	608
7.2.8 Leimflotten-Herstellung	608
7.2.8.1 Zusammensetzung und technologische Eigenschaften von Leimflotten	608
7.2.8.2 Härter und Puffer	610
7.2.8.3 Zugabe von Salz	612
Literatur zu Abschnitt 7.2	613
7.3 Phenoplast-Leime (<i>Dr. R. Müller</i>)	614
7.3.1 Einführung	614
7.3.2 Phenolharzleime	615
7.3.2.1 Chemismus	615
7.3.2.2 Technische Herstellung	617
7.3.2.3 Eigenschaften der flüssigen Harze	618
7.3.2.4 Leimflotten	620
7.3.3 Resorcinharzleime	621
7.3.3.1 Chemismus	621
7.3.3.2 Technische Herstellung	624

7.3.3.3	Eigenschaften der flüssigen Harze	624
7.3.3.4	Leimflotten und Härtung	624
7.3.4	Gehärtete Phenoplast-Leime	625
7.3.4.1	Witterungsbeständigkeit	626
7.3.4.2	Emissionsverhalten	627
	Literatur zu Abschnitt 7.3	629
7.4	Spanplatten (<i>Dr. M. Dunky, Dr. R. Müller</i>)	629
7.4.1	Einführung	629
7.4.2	Beleimung	632
7.4.2.1	Bindemittelaufbereitung	632
7.4.2.2	Bindemitteldosierung	633
7.4.2.3	Beleimungssysteme	634
7.4.2.4	Bindemittel-Prüfung auf Spänen und in Spanplatten	635
7.4.3	Streuung und Preßvorgang	635
7.4.4	Nachreife und Hydrolyse	638
7.4.5	Prüfung von Spanplatten	640
7.4.6	Eigenschaften von Holzspanplatten	643
7.4.6.1	Einfluß des Bindemittels bei Verwendung aminoplastischer Leime	646
7.4.6.2	Einfluß des Bindemittels bei Verwendung phenoplastischer Leime	650
7.4.6.3	Einfluß der Herstellungsparameter	653
7.4.6.4	Einfluß der Dichte der fertigen Spanplatten	656
7.4.6.5	Kombinierte UF-Isocyanat (MDI)-Verleimung	657
7.4.7	Formaldehydabgabe aus UF- und MF-Spanplatten	658
7.4.7.1	Meßmethoden	658
7.4.7.2	Gesetzliche Bestimmungen und anwendungstechnische Emp- fehlungen	664
7.4.7.3	Herstellung von UF-gebundenen Spanplatten mit niedriger nachträglicher Formaldehydabgabe	665
7.4.7.4	Aktuelle Entwicklungen (1986/87)	667
	Literatur zu Abschnitt 7.4	667
7.5	Formteile aus Holzspänen (<i>E. E. Munk</i>)	670
7.5.1	Einführung	670
7.5.2	Rohstoffe	671
7.5.2.1	Holz bzw. Holzspäne	671
7.5.2.2	Bindemittelsysteme	671
7.5.2.3	Oberflächenbeschichtungssysteme	673
7.5.3	Herstellung und Beleimung der Späne	673
7.5.4	Preßtechnologie	674
7.5.5	Pressen	676
7.5.6	Preßwerkzeuge	676
7.5.7	Technische Werte, Qualitäten und Normen	676
	Literatur zu Abschnitt 7.5	677
7.6	Holzfaserverleimplatten (<i>H. Henke</i>)	678
7.6.1	Einführung	678
7.6.2	Herstellverfahren	678
7.6.2.1	Naßverfahren	678
7.6.2.2	Trockenverfahren	680
7.6.2.3	Halbtrockenverfahren	681
7.6.3	Bindemittel	681

7.6.3.1 Holz eigene Bindemittel	681
7.6.3.2 Kunstharz-Bindemittel	681
7.6.4 Anwendung	683
Literatur zu Abschnitt 7.6	684
7.7 Mitteldichte Faserplatten (MDF-Platten) (<i>Dr. M. Dunky</i>)	684
7.7.1 Einführung	684
7.7.2 Herstellung	684
7.7.3 Eigenschaften und Anwendung	686
Literatur zu Abschnitt 7.7	686
7.8 Formteile aus Holzfaserverformstoff (<i>Dr. A. Nicolay</i>)	687
7.8.1 Das Halbfabrikat Faservliesmatte	687
7.8.1.1 Herstellung von Faservliesmatten	687
7.8.1.2 Zusammensetzung und Eigenschaften von Faservliesmatten	687
7.8.2 Herstellung und Eigenschaften von Formteilen	688
7.8.2.1 Herstellung von Formteilen	688
7.8.2.2 Physikalische Eigenschaften der Formteile	691
7.8.3 Veredelung und Verwendung der Formteile	691
Literatur zu Abschnitt 7.8	691
7.9 Unverdichtete Lagenhölzer (<i>Dr. M. Dunky, Dr. R. Müller</i>)	691
7.9.1 Begriffe	691
7.9.1.1 Einteilung nach dem Aufbau	691
7.9.1.2 Einteilung nach dem Verwendungszweck	692
7.9.1.3 Einteilung nach Verleimungsarten	692
7.9.2 Leime für die Herstellung unverdichteter Lagenhölzer	694
7.9.2.1 Aminoplast-Leime	694
7.9.2.2 Phenolharzleime	695
7.9.3 Zur Technologie der Herstellung unverdichteter Lagenhölzer	696
7.9.3.1 Herstellung von Furnieren und Mittellagen	696
7.9.3.2 Herstellung der Leimflotte	697
7.9.3.3 Beleimung	697
7.9.3.4 Pressen	698
7.9.4 Eigenschaften unverdichteter Lagenhölzer	702
7.9.4.1 Sperrholz	702
7.9.4.2 Schichtholz	702
7.9.5 Geschichtliche Entwicklung und Ausblick	702
Literatur zu Abschnitt 7.9	703
7.10 Formteile aus Furnieren (<i>D. Eißfeldt</i>)	704
7.10.1 Einführung	704
7.10.2 Herstellung	704
7.10.2.1 Furniere	704
7.10.2.2 Kunstharze	704
7.10.2.3 Beleimung bzw. Imprägnierung der Furniere	705
7.10.2.4 Preßtechnik	705
7.10.2.5 Nachbearbeitung der Preßteile	706
7.10.2.6 Oberflächenvergütung	706
7.10.3 Werkstoff- und Gebrauchseigenschaften	706
7.10.3.1 Mechanische Eigenschaften	706
7.10.3.2 Wasser- und Wetterbeständigkeit	707
7.10.3.3 Beständigkeit gegen Chemikalien u. a.	707
7.10.3.4 Brandverhalten	709

7.10.4 Anwendungen	709
Literatur zu Abschnitt 7.10	710
7.11 Konstruktiver Holzleimbau (<i>Dr. M. Dunky</i>)	711
7.11.1 Einführung	711
7.11.2 Holz zur Herstellung von Leimbindern	711
7.11.3 Leime	711
7.11.4 Herstellungsverfahren	713
7.11.5 Brandverhalten von Brettschichtholz	714
Literatur zu Abschnitt 7.11	714
8 Naßfestausrüstung von Papier mit duroplastischen Harzen (<i>Dr. S. Pfohl</i>)	
8.1 Papierfestigkeit	715
8.2 Naßfestharze	716
8.2.1 Harnstoff-Formaldehyd-Harze	717
8.2.1.1 Anionische Produkte	717
8.2.1.2 Amphotere Produkte	717
8.2.1.3 Kationische Produkte	717
8.2.2 Melamin-Formaldehyd-Harze	718
8.2.3 Epichlorhydrin-Harze	719
8.3 Mechanismus der Naßverfestigung	720
8.4 Praktische Anwendung und wirtschaftliche Aspekte	721
8.4.1 Verfahrenstechnik und Eigenschaftsbild	721
8.4.2 Entwicklungstendenzen bei naßfesten Papieren	722
Literatur zu Kapitel 8	723
9 Schall- und Wärmedämmstoffe mit Reaktionsharzen (<i>Prof. H. Baumann, D. Eisele, K. H. Johannes, Dr. R. Müller, H. Schütze</i>)	
9.1 Einführung (<i>Dr. R. Müller</i>)	725
9.1.1 Dämmstoffe	725
9.1.2 Wärmedämmung	725
9.1.3 Schallschutz	730
Literatur zu Abschnitt 9.1	730
9.2 Mineralfaser-Dämmstoffe (<i>K. H. Johannes</i>)	731
9.2.1 Begriffe	731
9.2.2 Geschichtliches	731
9.2.3 Rohstoffe	731
9.2.4 Schmelzen	732
9.2.4.1 Einführung	732
9.2.4.2 Wannenöfen	733
9.2.4.3 Kupolöfen	733
9.2.4.4 Lichtbogenöfen	733
9.2.5 Faserherstellung	734
9.2.5.1 Blasverfahren	734
9.2.5.2 Düsenblasverfahren	734
9.2.5.3 Rotationsverfahren	734
9.2.5.4 Kaskaden-Schleuderverfahren	735
9.2.5.5 Trommel-Schleuderverfahren	735

9.2.5.6 Trommelschleuder-Blasverfahren	735
9.2.5.7 Andere Verfahren	736
9.2.6 Verteilen und Sammeln	736
9.2.7 Imprägnieren	736
9.2.7.1 Schmäle	736
9.2.7.2 Bindemittel	736
9.2.7.3 Phenolharze	736
9.2.7.4 Zusätze	737
9.2.8 Härtung	738
9.2.9 Kühlen	738
9.2.10 Schneiden	738
9.2.11 Erzeugnisse	738
9.2.12 Eigenschaften	739
9.2.12.1 Normen	739
9.2.12.2 Wärmeleitfähigkeit	739
9.2.12.3 Brandeigenschaften	740
9.2.12.4 Temperaturstabilität	740
9.2.12.5 Akustische Eigenschaften	740
9.2.12.6 Mechanische Festigkeit	740
9.2.12.7 Chemische Beständigkeit	741
9.2.12.8 Wasserabweisende Eigenschaft	741
9.2.13 Wirtschaftliche Betrachtungen	741
9.2.14 Gesundheitsfragen	741
Literatur zu Abschnitt 9.2	742
9.3 Phenolharz-Schaumstoffe (<i>H. Schütze</i>)	743
9.3.1 Entwicklung	743
9.3.2 Herstellung	743
9.3.2.1 Kaltverschäumung	744
9.3.2.2 Warmverschäumung	744
9.3.3 Eigenschaften	748
9.3.3.1 Zellstruktur und Farbe	748
9.3.3.2 Mechanische Eigenschaften	749
9.3.3.3 Thermisches Verhalten	749
9.3.3.4 Brandverhalten	749
9.3.3.5 Verhalten gegen Wasser und Chemikalien	750
9.3.3.6 Emissionsverhalten	750
9.3.3.7 Bearbeitbarkeit	752
9.3.4 Anwendung	752
Literatur zu Abschnitt 9.3	753
9.4 Aminoplast-Schaumstoffe (<i>Prof. H. Baumann</i>)	754
9.4.1 Einführung	754
9.4.2 Rohstoffe	754
9.4.2.1 Verschäumbare Aminoplast-Harze	754
9.4.2.2 Härter	755
9.4.2.3 Tenside	755
9.4.3 Verschäumung der Harze	755
9.4.3.1 Treibschaumverfahren	755
9.4.3.2 Schlagschaumverfahren	756
9.4.4 Eigenschaften der Schaumstoffe	757
9.4.4.1 Porenstruktur	757
9.4.4.2 Schrumpfverhalten	758

9.4.4.3	Mechanische Eigenschaften	758
9.4.4.4	Chemische und biologische Beständigkeit	759
9.4.4.5	Temperaturbeständigkeit	759
9.4.4.6	Wärme- und Kälte-dämmfähigkeit	759
9.4.4.7	Brandverhalten	760
9.4.4.8	Normung	760
9.4.5	Anwendungsgebiete	761
9.4.5.1	Harnstoffharz-Schaumkunststoffe	761
9.4.5.2	Melaminharz-Schaumkunststoffe	762
9.4.6	Ausblick	762
	Literatur zu Abschnitt 9.4	763
9.5	Textilvliesstoffe (<i>D. Eisele</i>)	763
9.5.1	Einführung	763
9.5.2	Ausgangsstoffe	764
9.5.2.1	Fasergut	764
9.5.2.2	Phenolharze	765
9.5.3	Herstellung	766
9.5.3.1	Herstellungsschema	766
9.5.3.2	Mischung und Vliesbildung	766
9.5.3.3	Formteilherstellung	768
9.5.3.4	Fertigung von Planware	768
9.5.4	Eigenschaften	769
9.5.4.1	Rohdichten	769
9.5.4.2	Schallabsorption	769
9.5.4.3	Splitterfestigkeit	770
9.5.4.4	Weitere Eigenschaften	770
9.5.4.5	Prüfmethoden	770
9.5.5	Anwendung	772
9.5.5.1	Anwendung im Automobilbau	772
9.5.5.2	Andere Anwendungsgebiete	773
9.5.5.3	Textilvliesstoffe in Kombination	774
9.5.6	Ausblick	775
	Literatur zu Abschnitt 9.5	775

10 Beton, Mörtel, Beläge und Injektionen mit Reaktionsharzen

(*Dr. E. Brandau, Dr. K.-H. Conrad, Prof. Dr. U. Einsfeld, F. Groche, H. Güth, H. Hagedorn, F. Hugenschmidt, Dr. E. Kern, Prof. Dr. W. Klöcker, Dr. P. Quis, Dr. H. J. Renker, H. Schuhmann, Dr. H.-P. Werse*)

10.1	Einführung (<i>F. Groche</i>)	777
10.2	Ausgangsstoffe für den Reaktionsharzbeton (<i>F. Groche</i>)	779
10.2.1	Bindemittel	779
10.2.2	Zuschläge, Füllstoffe	780
10.3	Zusammensetzung und Verarbeitung (<i>F. Groche</i>)	782
10.3.1	Berechnung der Mischungen	782
10.3.2	Mischtechnik	783
10.3.3	Frischbeton und Verarbeitung	784
10.4	Härtung (<i>F. Groche</i>)	785
10.4.1	Chemische Reaktion, Schwinden	785
10.4.2	Schwindverhalten	786
10.4.3	Festigkeitszunahme während der Härtung	788

10.5 Materialeigenschaften und Langzeitverhalten von Reaktionsharzbeton (<i>F. Groche</i>)	789
10.5.1 Zweistoff-System, Rohdichte	789
10.5.2 Prismen-Festigkeiten, Druckprüfungen	791
10.5.3 Verhalten bei Biegebeanspruchung	794
10.5.4 Verhalten in der Wärme und im Brandfall	798
10.5.5 Langzeitverhalten von Reaktionsharzbeton	800
Literatur zu Abschnitt 10.1 bis 10.5	803
10.6 Standsicherheitsnachweis, Beurteilung der Brauchbarkeit für tragende Bauteile im Bauwesen (<i>Prof. Dr. U. Einsfeld</i>)	804
10.6.1 Einführung	804
10.6.2 Prüfungen an ganzen Bauteilen	804
10.6.3 Materialprüfungen und statische Berechnung	804
10.6.4 Statistische Betrachtung bei der Nachweisführung	804
10.6.5 Ermittlung konkreter Werte für Teilsicherheitsfaktoren	805
10.6.5.1 Teilsicherheitsfaktor für das System	805
10.6.5.2 Teilsicherheitsfaktor für äußere Einwirkungen	805
10.6.5.3 Teilsicherheitsfaktor für Materialkennwerte	806
10.6.5.4 Abminderungsfaktoren für Temperatur-, Zeit- und Umgebungseinflüsse	807
10.6.6 Anwendung von Verstärkungen	808
Literatur zu Abschnitt 10.6	808
10.7 Überwachung der Herstellung (<i>Prof. Dr. U. Einsfeld</i>)	809
10.8 Anwendung von Reaktionsharzbeton	810
10.8.1 Vor- und Nachteile gegenüber anderen Baustoffen (<i>F. Groche</i>)	810
10.8.2 Anwendungsbeispiele (<i>F. Groche</i>)	810
10.8.2.1 Tragende Konstruktionselemente und Fertigteile	811
10.8.2.2 Fertigteile mit hochwertigen Oberflächen	811
10.8.2.3 Verarbeitung von Reaktionsharzmörtel auf Baustellen	811
10.8.2.4 Beschichtungen, Estriche	812
10.8.2.5 Vergußmassen	812
10.8.2.6 Fertigteile für den Maschinenbau und die Elektrotechnik	812
Literatur zu Abschnitt 10.8.1 und 10.8.2	813
10.8.3 Besondere Eigenschaften und Anwendungsformen von Epoxidharz-Systemen (<i>Dr. K.-H. Conrad</i>)	813
10.8.3.1 Einführung	813
10.8.3.2 Reaktivverdünner	814
10.8.3.3 Härter – Härtungsmittel	816
10.8.3.4 Besondere Anforderungen an die Harz-Kombinationen im Ingenieurbau	817
Literatur zu Abschnitt 10.8.3	818
10.9 Industrielle Herstellung von Produkten aus Reaktionsharz-Beton, -Mörteln und -Massen (<i>Dr. E. Brandau</i>)	818
10.9.1 Anwendungsgebiete für Reaktionsharzbeton und -massen	818
10.9.1.1 Tiefbau	818
10.9.1.2 Hochbau	819
10.9.1.3 Garten-, Landschafts- und Sportplatzbau	819
10.9.1.4 Landwirtschaft	819
10.9.1.5 Maschinenbau und Verfahrenstechnik	819
10.9.1.6 Elektrotechnik	820

10.9.2 Industrielle Herstellungsverfahren	820
10.9.2.1 Drucklose Gießverfahren mit kontinuierlichen Mischern . .	820
10.9.2.2 Formen und Trennmittel für das drucklose Gießen	823
10.9.2.3 Schleudergieß- und Schleuderwalzverfahren	823
10.9.2.4 Vakuum-, Spritzgieß- und Druckgießverfahren mit Gieß- massenaufbereitung	825
10.9.3 Wirtschaftliche Betrachtung der Herstellung von Reaktionsharz- beton, -mörtel oder -gießmassen	828
10.9.3.1 Harz- und Füllstoffe	828
10.9.3.2 Kapazitäten der einzelnen Verfahren	829
Literatur zu Abschnitt 10.9	830
10.10 Reaktionsharz-Leichtbeton (<i>Prof. Dr. W. Klöcker</i>)	831
10.10.1 Einführung und Definitionen	831
10.10.2 Reaktionsharz-Leichtbeton mit kompakter Matrix (RH-LB)	832
10.10.2.1 Zusammensetzung und Herstellung	832
10.10.2.2 Eigenschaften von UP-Leichtbeton (UP-LB)	832
10.10.2.3 Anwendungen	833
10.10.3 WUP-Leichtbeton	833
10.10.3.1 WUP-Emulsionen und WUP-Formkörper	833
10.10.3.2 Herstellung und Eigenschaften von WUP-Leichtbeton .	834
10.10.3.3 Anwendungen	835
10.10.4 Reaktionsharz-Schaumstoff-Leichtbeton (ERH-LB)	835
10.10.4.1 Cellulare Matrix	835
10.10.4.2 Kombination der expandierbaren cellularen RH-Matrix mit Zuschlägen (ERH-LB)	837
10.10.4.3 Herstellverfahren	837
10.10.4.4 Deckschichten und Sandwich-Elemente	839
10.10.4.5 Eigenschaften von EUP-Leichtbeton	839
10.10.4.6 Bauaufsichtliche Zulassungen	842
10.10.4.7 Konstruktive Gestaltung mit EUP-Leichtbeton	842
10.10.4.8 Bewährte und neue Einsatzgebiete für EUP-Leichtbe- ton	843
Literatur zu Abschnitt 10.10	843
10.11 Reaktionsharzbeton im Maschinenbau (<i>F. Groche, Dr. H. J. Renker</i>)	844
10.11.1 Einführung	844
10.11.2 Konstruktion und Ausführung mit Reaktionsharzbeton	844
10.11.3 Vorteile für den Betreiber der Maschinen	846
10.11.4 Vorteile für den Hersteller von Gußteilen aus Reaktionsharzbeton	846
10.11.5 Vorteile für die Mitarbeiter und die Umwelt	847
Literatur zu Abschnitt 10.11	848
10.12 Beläge aus Reaktionsharzmörtel	849
10.12.1 Beläge aus Reaktionsharzmörtel auf EP-Basis (<i>Dr. K.-H. Conrad</i>)	849
10.12.1.1 Anwendungsbereiche	849
10.12.1.2 Untergrund, Anforderungen, Vorbereitungen	849
10.12.1.3 Imprägnierungen	852
10.12.1.4 Versiegelungen	852
10.12.1.5 Beschichtungen	853
10.12.1.6 Beläge	853
10.12.1.7 Einstreubeläge	854
10.12.1.8 Estriche, Mörtelbeläge	854

Literatur zu Abschnitt 10.12.1	855
10.12.2 Beläge aus Reaktionsmörtel auf MMA-Basis (<i>Dr. P. Quis</i>)	856
10.12.2.1 Einführung	856
10.12.2.2 Monomer-Polymer-Verfahren (Mo-Po-Verfahren)	856
10.12.2.3 Gießharz-Verfahren	856
10.12.2.4 Kombiniertes Verfahren	856
10.12.2.5 Eigenschaftsbilder	856
10.12.2.6 Typische Anwendungsorte	857
Literatur zu Abschnitt 10.12.2	857
10.13 Konstruktive Verbindungen mit Reaktionsharzen im Betonbau – Segmentbauart (<i>Dr. E. Kern</i>)	858
10.13.1 Einführung	858
10.13.2 Ausbildung der Fugen	858
10.13.3 Anforderungen an den Kleber	861
10.13.4 Ausblick	862
Literatur zu Abschnitt 10.13	863
10.14 Injizieren von Rissen (<i>Dr. H.-P. Werse</i>)	864
10.14.1 Harzsysteme	864
10.14.2 Verarbeitungstechnik	865
Literatur zu Abschnitt 10.14	866
10.15 Verstärken von Stahlbetonkonstruktionen durch Aufkleben von Stahl- lamellen (<i>F. Hugenschmidt, Dr. H.-P. Werse</i>)	867
10.15.1 Einführung	867
10.15.2 Klebstoffe	867
10.15.3 Vorbehandlung von Beton und Stahl	867
10.15.4 Hinweise zum Verkleben der Bleche	868
10.15.5 Prüfung und Gütesicherung	869
Literatur zu Abschnitt 10.15	870
10.16 Sanierung von Stahlbetonkonstruktionen (<i>Dr. K.-H. Conrad</i>)	871
10.16.1 Einführung	871
10.16.2 Schadensursachen	871
10.16.3 Sanierung von schadhaften Betonteilen mit reinen duroplasti- schen Bindemitteln	871
10.16.4 Sanierung von schadhaften Betonteilen mit emulgierten Epoxid- harzen (ECC-Systeme)	872
Literatur zu Abschnitt 10.16	873
10.17 Restaurierung von Natursteinfassaden mit Reaktionsharzen (<i>H. Schuhmann</i>)	874
10.17.1 Einführung	874
10.17.2 Allgemeine Empfehlungen bei verschiedenen Gesteinsarten	874
10.17.3 Bauphysikalische Anforderungen an Mörtel und Natursteine	876
10.17.4 Produktprofile, Anforderungen an Reaktionsharzmörtel	877
Literatur zu Abschnitt 10.17	880
10.18 Verbundanker mit Reaktionsharzen im Hochbau (<i>H. Güth</i>)	881
10.19 Befestigung von Felsankern mit Reaktionsharzen (<i>H. Hagedorn</i>)	883
10.19.1 Einführung	883
10.19.2 Provisorische Sicherung und endgültiger Ausbau	883
10.19.3 Theoretische Aspekte über die Ankerbeanspruchung	885
10.19.4 Ankertypen	885
10.19.5 Ankersystem mit Rohrankern	886
10.19.6 Injektionsmaterial	887

10.19.7 Laborversuche	888
10.19.8 Anwendung	889
Literatur zu Abschnitt 10.19	890
11 Schleifmittel und Reibbeläge mit duroplastischen Bindemitteln	
<i>(Dr. P. Adolphs, Dr. K. Colleselli, J. Dietrich, H. Duda, Dr. A. Gardziella, Dr. H.-G. Paul, Dr. K.-H. Schwieger)</i>	
11.1 Einführung (<i>Dr. A. Gardziella</i>)	891
Literaturverzeichnis zu Abschnitt 11.1	893
11.2 Schleifscheiben und Schleifkörper (<i>Dr. K. Colleselli, Dr. K.-H. Schwieger</i>)	894
11.2.1 Einführung	894
11.2.2 Aufbau und Eigenschaften von Schleifscheiben und Schleifkörpern	894
11.2.2.1 Schleifmittel	895
11.2.2.2 Bindemittel	896
11.2.2.3 Füllstoffe	897
11.2.2.4 Schleifkörperhärte	898
11.2.3 Herstellung von Schleifscheiben und Schleifkörpern	898
11.2.3.1 Mischprozeß	898
11.2.3.2 Verpressen	899
11.2.3.3 Aushärtung	899
11.2.4 Eigenschaften von härtbaren Kunstharzen zur Herstellung von Schleifscheiben und Schleifkörpern	901
11.2.4.1 Phenol-Flüssigharze und andere Kornbenetzungsmittel	901
11.2.4.2 Unmodifizierte und modifizierte Phenol-Pulverharze	902
11.2.4.3 Sonstige Bindemittel sowie Additive als Verarbeitungshilfen	903
11.2.5 Gewebeverstärkte hochtourige Trenn- und Schrappscheiben	904
11.2.6 Schleifscheiben und Schleifkörper mit hoher Naßfestigkeit	905
11.2.7 Heißgepreßte, hochverdichtete Schleifscheiben (HP-Scheiben)	906
11.2.8 Diamantscheiben	907
Literatur zu Abschnitt 11.2	908
11.3 Glasgewebeeinlagen (<i>H. Duda</i>)	908
11.3.1 Definition	908
11.3.2 Glasfilamentgewebe	908
11.3.3 Imprägnierharz	909
11.3.4 Imprägnierung	910
Literatur zu Abschnitt 11.3	910
11.4 Bindemittel für Schleifmittel auf Unterlage (<i>Dr. P. Adolphs, J. Dietrich</i>)	911
11.4.1 Einführung	911
11.4.2 Bindemittel	915
11.4.3 Schleifmittel auf Papierunterlage	917
11.4.4 Schleifmittel auf Gewebeunterlage	917
11.4.5 Vulkanfiberschleifscheiben	919
11.4.6 Schleifmittel auf Kombinationsunterlage	919
11.4.7 Schleifvlies	920
11.4.8 Entwicklungstendenzen	920
Literatur zu Abschnitt 11.4	921
11.5 Bindemittel für Reibbeläge (<i>Dr. P. Adolphs, D. H.-G. Paul</i>)	921
11.5.1 Einführung	921
11.5.2 Scheibenbremsbeläge	924

11.5.3 Trommelbremsbeläge	926
11.5.4 Kupplungsbeläge	927
11.5.5 Maschinenbeläge, Industriebeläge	928
11.5.6 Asbestfreie Reibbeläge und sonstige Entwicklungstendenzen	928
Literatur zu Abschnitt 11.5	929

12 Gießereihilfsmittel auf Basis von Reaktionsharzen

(Dr. A. Gardziella)

12.1 Einführung	931
Literatur zu Abschnitt 12.1	934
12.2 Phenolharze für das Croning-Verfahren	934
12.2.1 Geschichtliches	934
12.2.2 Zur Terminologie der Formstoffe, Formgrundstoffe und Formüberzugstoffe	936
12.2.3 Croning-Verfahren, Verfahrensbeschreibung	938
12.2.4 Bindemittel und Bindemittleigenschaften	940
12.2.5 Sandaufbereitung und Sandprüfung	943
12.2.6 Fertigungseinrichtungen und Anwendung	946
Literatur zu Abschnitt 12.2	949
12.3 Phenol-, Furan- und Aminoharze für das Hot-Box-Verfahren	950
12.3.1 Definitionen und Geschichtliches	950
12.3.2 Verfahrensprinzip und Verfahrensablauf	951
12.3.3 Bindemittel und Härter	952
12.3.4 Kernsandherstellung und Formstoffeigenschaften bei der Weiterverarbeitung	953
12.3.5 Fertigungseinrichtungen und Anwendungsgebiete	956
12.3.6 Sonstige Verfahren: Warm-Box-Verfahren, Warm-Box-Vakuum-Verfahren, Thermoschock-Verfahren	958
Literatur zu Abschnitt 12.3	960
12.4 Säurehärtbare Harze für das No-Bake-Verfahren	960
12.4.1 Definition und Abgrenzung gegen andere Verfahren	960
12.4.2 Verfahrensprinzip beim No-Bake-Verfahren	961
12.4.3 Bindemittel und Härter	963
12.4.4 Formstoffprüfungen und -eigenschaften	967
12.4.5 Anwendung des No-Bake-Verfahrens	969
12.4.6 Sonstige kalte Formverfahren mit direktem Härterzusatz	971
Literatur zu Abschnitt 12.4	972
12.5 Bindemittel für Begasungsverfahren	972
12.5.1 Definitionen, maschinelle Einrichtungen, Geschichtliches	972
12.5.2 Polyurethan-Begasungsverfahren (Cold-Box-Verfahren)	975
12.5.3 SO ₂ -Verfahren (Hardox [®] -, Rütapox [®] -Verfahren)	979
12.5.4 Weitere Begasungsverfahren	983
Literatur zu Abschnitt 12.5	984

13 Duroplastische Harze für Oberflächenschutz

(Dr. P. Börzel, Prof. Dr. L. Dulog, Dr. H. Gempeler, Dr. W. Graf, A. Kwasniok, Dr. W. Marquardt, Dr. H. Menzel, Dr. H. Petersen, Dr. D. Plath, K.-H. Seyfert, Dr. B. P. Stark, A. Stender, Dr. H.-J. Streitberger)

13.1 Einführung (Prof. Dr. L. Dulog)	985
13.2 Phenolharze für den Oberflächenschutz (A. Kwasniok)	986
13.2.1 Einleitung, Bedeutung, Eigenschaften	986

13.2.2	Einteilung der Harzarten	986
13.2.3	Hitzehärtbare Phenolharze (Resole)	987
13.2.3.1	Unmodifizierte, reine Resole	987
13.2.3.2	Veretherte Resole	988
13.2.3.3	Plastifizierte Resole	989
13.2.3.4	Alkylphenolharze	989
13.2.3.5	Resole für wasserverdünnbare Lacke	990
13.2.4	Nichthärtende Phenolharze (Novolake)	991
13.2.5	Modifizierte Phenolharze	992
13.2.6	Sonstige Phenolharze	993
13.2.6.1	Terpenphenolharze	993
13.2.6.2	Furfurolharze	993
	Literatur zu Abschnitt 13.2	994
13.3	Melamin- und Benzoguanamin-Lackharze (<i>Dr. D. Plath</i>)	994
13.3.1	Einführung	994
13.3.2	Chemischer Aufbau der Melaminharze	995
13.3.3	Chemischer Aufbau der Benzoguanaminharze	996
13.3.4	Anwendungstechnisches Verhalten der Melaminharze in Einbrenn- lacken	996
	Literatur zu Abschnitt 13.3	998
13.4	Lackharze auf der Basis von UF-Harzen (<i>Dr. H. Petersen</i>)	998
13.4.1	Einführung	998
13.4.2	Herstellung von UF-Lackharzen	999
13.4.3	Eigenschaften und Modifizierung von UF-Lackharzen	1000
13.4.3.1	Wasserlösliche UF-Lackharze	1000
13.4.3.2	Alkohollösliche UF-Lackharze	1001
13.4.3.3	Auftrags- und Härtingsverfahren	1002
13.4.4	Anwendung von UF-Lackharzen	1002
13.4.4.1	Metallackierung	1002
13.4.4.2	Holzackierung	1003
	Literatur zu Abschnitt 13.4	1003
13.5	Epoxidharz-Anstrichstoffe und Beschichtungen (<i>Dr. H. Gempeler,</i> <i>Dr. W. Marquardt</i>)	1004
13.5.1	Einführung	1004
13.5.2	Epoxidharze als Rohstoffe	1004
13.5.2.1	Bisphenol A-Harze	1004
13.5.2.2	Bisphenol F-Harze	1004
13.5.2.3	Aliphatische Epoxidverbindungen	1005
13.5.2.4	Cycloaliphatische und heterocyclische Epoxidharze	1005
13.5.2.5	Thermoplastische Harze	1006
13.5.2.6	Epoxidierte Novolake	1006
13.5.3	Härtung	1006
13.5.4	Kalthärtende Zweikomponenten-Systeme (Reaktionslacke)	1008
13.5.4.1	Berechnung der Härtermenge	1010
13.5.4.2	Lösungsmittelhaltige Reaktionslacke	1010
13.5.4.3	Wasserverdünnbare Reaktionslacke	1010
13.5.4.4	Lösungsmittelfreie Reaktionslacke	1011
13.5.4.5	Epoxid/Teer-Kombinationen	1011
13.5.4.6	Epoxid/Polyisocyanat-Kombinationen	1012
13.5.5	Einbrennlacke	1013
13.5.5.1	Epoxid/Phenolharz-Kombinationen	1013

13.5.5.2	Weißpigmentierte Innenschutzlacke für Emballagen	1014
13.5.5.3	Epoxid/Aminoharz-Kombinationen	1014
13.5.5.4	Epoxid/Isocyanat-Systeme	1014
13.5.5.5	Epoxidharz-Pulverlacke	1015
13.5.5.6	Lösungsmittelarme Einbrennlacke (High solids)	1015
13.5.6	Epoxid-Ester	1016
13.5.7	Wasserverdünnbare Einbrennlacke	1016
13.5.8	Epoxidharz als Zusatz in anderen Bindemitteln. Mit Epoxidharz modifizierte Alkyd-/Amino- bzw. Alkyd-/Acryl-Systeme	1017
13.5.8.1	Heißhärtende Acrylatharze	1017
13.5.8.2	Epoxy(meth)acrylate	1017
	Literatur zu Abschnitt 13.5	1017
13.6	Duroplastische Siliconharze für den Oberflächenschutz (<i>Dr. W. Graf</i>)	1018
13.6.1	Geschichtliche Entwicklung, wirtschaftliche Bedeutung	1018
13.6.2	Eigenschaften	1018
13.6.3	Siliconharztypen	1019
13.6.4	Katalysatoren	1021
13.6.5	Anwendung	1021
	Literatur zu Abschnitt 13.6	1023
13.7	Elektrotauchlackierung (<i>Dr. H.-J. Streitberger</i>)	1023
13.7.1	Einführung	1023
13.7.2	Chemie der anodisch abscheidbaren Elektrotauchlacke	1024
13.7.2.1	Prinzipien des Bindemittelaufbaus	1024
13.7.2.2	Maleinierte Öle und Dienoligomere	1024
13.7.2.3	Polyester	1025
13.7.2.4	Epoxidester	1025
13.7.2.5	Polymerisate	1026
13.7.3	Kathodisch abscheidbare Elektrotauchlacke	1026
13.7.3.1	Prinzipien des Bindemittelaufbaus	1026
13.7.3.2	Epoxidharze	1026
13.7.3.3	Polymerisate	1027
13.7.3.4	Verschiedenes	1027
13.7.4	Charakteristische Kenndaten von Elektrotauchlacken	1027
	Literatur zu Abschnitt 13.7	1028
13.8	Schwerer Korrosionsschutz (<i>Dr. H. Menzel</i>)	1029
13.8.1	Begriffsbestimmung	1029
13.8.2	Beanspruchungen	1030
13.8.3	Bindemittel	1031
13.8.3.1	Epoxidharze	1031
13.8.3.2	Phenolharze	1031
13.8.4	Korrosionsschutz in Rohren auf kaltem Fuß	1032
13.8.5	Bedeutung einer aktiven Korrosionsschutzgrundsicht	1032
13.8.6	Oberflächenvorbereitung	1032
13.8.7	Korrosionsschutzbeispiele	1033
13.8.7.1	Behälter und Tanks	1033
13.8.7.2	Stählerne Brückentafeln	1034
	Literatur zu Abschnitt 13.8	1035
13.9	Elektroisolierlacke (<i>Dr. P. Börzel, A. Stender</i>)	1036
13.9.1	Einführung	1036
13.9.2	Drahtlacke	1036
13.9.2.1	Polyester	1036

13.9.2.2 Polyesterimide	1037
13.9.2.3 Polyamidimide	1038
13.9.2.4 Polyurethane	1039
13.9.2.5 Polyvinylacetale	1039
13.9.2.6 Verarbeitung von Drahtlacken	1040
13.9.2.7 Backlacke	1042
13.9.3 Tränk- und Überzugslacke	1042
13.9.3.1 Tränklacke	1043
13.9.3.2 Tränkhharze	1043
13.9.3.3 Träufelharze	1045
13.9.3.4 Überzugslacke	1046
Literatur zu Abschnitt 13.9	1046
13.10 Pulverlacke (K. H. Seyfert)	1047
13.10.1 Einführung	1047
13.10.2 Rohstoffe	1047
13.10.2.1 Epoxidharze	1048
13.10.2.2 Phenol-Novolake	1048
13.10.2.3 Epoxid/Polyester und Polyester/Anhydrid	1049
13.10.2.4 Polyester/TGIC und Polyurethan	1050
13.10.2.5 Spezialqualitäten nach kundenspezifischen Anforderungen	1051
13.10.3 Herstellung	1051
13.10.4 Verarbeitungsanlagen	1052
13.10.5 Sicherheitstechnik	1054
13.10.6 Technische Eigenschaften	1056
13.10.7 Anwendungsgebiete	1056
Literatur zu Abschnitt 13.10	1058
13.11 Spezialharze für spezifische Anwendungen (Dr. B. P. Stark)	1058
13.11.1 UV-vernetzbare Lackharze	1058
13.11.2 Elektronenstrahlvernetzung	1060
13.11.3 Schiffsanstriche mit Antifouling-Wirkung	1061
13.11.4 Aufschäumende Anstriche	1061
13.11.5 Hitzebeständige Spezialharze	1061
Literatur zu Abschnitt 13.11	1062
13.12 Sonstige Lacke (A. Kwasniok)	1062
13.12.1 Emballagenlacke	1062
13.12.1.1 Innenschutzlacke	1063
13.12.1.2 Außenlacke	1064
13.12.1.3 Haftlacke	1065
13.12.2 Wash- und Shopprimer	1065
Literatur zu Abschnitt 13.12	1066

14 Sonstige Anwendungen mit Reaktionsharzen

(H. V. Dursy, Dr. A. Gardziella, A. Kwasniok, Dr. R. Müller, E. Pallapis, Dr. K. Plohnke, Dr. K.-H. Schwieger, Dr. G. Subat, Dr. E. Wege)	1067
14.1 Einführung (Dr. A. Gardziella)	1067
Literatur zu Abschnitt 14.1	1069
14.2 Technische Filtereinsätze (Dr. K. Plohnke)	1069
14.2.1 Definition und Verwendung	1069
14.2.2 Filterrohnpapier	1070

14.2.3 Imprägnierharze	1070
14.2.4 Herstellung und Konfektionierung der Filtereinsätze	1071
14.2.5 Umweltprobleme	1072
Literatur zu Abschnitt 14.2	1072
14.3 Batterieseparatoren (<i>Dr. R. Müller</i>)	1072
14.3.1 Einführung	1072
14.3.2 Phenolharz imprägnierte Zelluloseseparatoren	1073
14.3.3 Phenolharz imprägnierte Polyestervlies-Separatoren	1074
Literatur zu Abschnitt 14.3	1075
14.4 Kautschuk-Additivharze (<i>A. Kwasniok</i>)	1075
14.4.1 Einführung	1075
14.4.2 Klebrigmacherharze	1076
14.4.3 Verstärkerharze	1077
14.4.4 Vulkanisationsharze	1078
Literatur zu Abschnitt 14.4	1079
14.5 Klebstoff-Additivharze (<i>A. Kwasniok</i>)	1080
14.5.1 Polychloroprenklebstoffe-Additive	1080
14.5.2 Verschiedene Klebstoffanwendungen mit Nutzung von Additivharzen	1082
Literatur zu Abschnitt 14.5	1083
14.6 Chemischer Apparatebau und chemikalienbeständige Kitte (<i>Dr. G. Subat</i>)	1083
14.6.1 Einführung	1083
14.6.2 Polyesterharzkitte (UP)	1085
14.6.3 Epoxidharzkitte (EP)	1086
14.6.4 Phenolharzkitte (PF)	1086
14.6.5 Furanharzkitte (FF)	1086
14.6.6 Vinylesterharzkitte (VER)	1086
14.6.7 Chemischer Apparatebau	1087
Literatur zu Abschnitt 14.6	1088
14.7 Kohlenstoff- und Graphitwerkstoffe (<i>Dr. E. Wege</i>)	1088
14.7.1 Einführung	1088
14.7.2 Herstellung von Kohlenstoff- und Graphitkörpern	1088
14.7.3 Glaskohlenstoff („Polymerkohlenstoff“)	1090
Literatur zu Abschnitt 14.7	1091
14.8 Lampensockelkitte (<i>A. Kwasniok</i>)	1092
14.8.1 Definition, Anforderungen, Verwendung	1092
14.8.2 Bindemittel	1093
14.8.3 Füllstoffe und Additive	1094
Literatur zu Abschnitt 14.8	1094
14.9 Pinsel- und Bürstenkitte (<i>E. Pallapis</i>)	1095
Literatur zu Abschnitt 14.9	1096
14.10 Feuerfestmassen (<i>Dr. K.-H. Schwieger</i>)	1096
14.10.1 Einführung	1096
14.10.2 Carbonisierung von Phenol- und Furanharzen	1096
14.10.3 Herstellung geformter feuerfester Erzeugnisse	1099
14.10.4 Herstellung ungeformter feuerfester Erzeugnisse	1102
Literatur zu Abschnitt 14.10	1104
14.11 Blumensteckmassen (<i>Dr. R. Müller</i>)	1104
14.11.1 Einführung	1104
14.11.2 Rohstoffe	1105

14.11.3 Herstellverfahren	1106
14.11.4 Prüfung und Eigenschaften	1106
Literatur zu Abschnitt 14.11	1106
14.12 Reaktionsharze in der Denkmalpflege (<i>H. V. Dursy</i>)	1107
Literatur zu Abschnitt 14.12	1111
Anschriften der Autoren und Herausgeber	1113
Sachwortverzeichnis	1116