

# Elektrisch leitende Kunststoffe

2., vollständig überarbeitete und erweiterte Ausgabe

Herausgegeben von  
H. J. Mair und S. Roth

Die Autoren:

H.-D. Arntz, J. Bargon, F. Beck, H. Brunner, W. Dunkel, H. Eckardt,  
S. Flesch, R. G. Gilg, K. P. Götze, H. Guder, M. Hanack, J. Heinze,  
G. Heywang, A. Kamm, H. Kiess, P. Kitzer, G. H. Kleinheins, V. Krause,  
W. Krieger, H. Krohn, U. Leute, M. M. Lohrengel, H. J. Mair, K. Menke,  
K.-H. Möbius, H. Münstedt, H. Naarmann, M. Oberst, W. Richly, S. Roth,  
M. Röwekamp, J. W. Schultze, K.-P. Stiehl, H. Suhr, A. Thyssen,  
G. Weddigen, K. L. Wenderoth, B. Weßling, J. Wittenburg, D. Wolfer,  
A. Zimmermann



Carl Hanser Verlag München Wien

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort .....	XXI
<b>1 Leitende Kunststoffe für elektrotechnische Erzeugnisse</b> H.J. Mair, Rottach-Egern .....	<b>1</b>
1 Einleitung .....	1
2 Anforderungen .....	1
3 Herstellung .....	2
4 Formmassen mit Leitfähigkeitsruß .....	3
5 Compounds mit Metallteilchen und Kohlenstoffasern .....	5
6 Meßmethoden für die elektromagnetische Schirmdämpfung ...	6
7 Anwendungen elektrisch leitender Kunststoffe .....	7
7.1 Vermeidung elektrostatischer Aufladung .....	7
7.2 Leitende Polycarbonatfolien für Schreibbänder .....	10
7.3 Sicherungselement .....	11
7.4 Selbstregelndes Heizband .....	12
7.5 Flächenheizelement aus Hostatherm .....	12
7.6 3-D-Leiterplatten-Formteil .....	13
7.7 Steckverbinder mit abgeschirmtem Gehäuse .....	14
7.8 Tachograph-Gehäuse für Lastkraftwagen .....	14
8 Selbstleitende Kunststoffe .....	16
9 Entwicklungstendenz und Ausblick .....	16
<b>2 Ruß für leitfähige Kunststoffe</b> R.G. Gilg, Wolfgang .....	<b>21</b>
1 Allgemeine Informationen über Ruß und andere Pigmente ...	21
1.1 Herstellung von Leitfähigkeitsrußen .....	21
1.2 Rußeigenschaften allgemein .....	22
1.3 Eigenschaften und Wirkungsweise von Leitfähigkeitsrußen .....	24
2 Verarbeitung von Leitfähigkeitsrußen .....	26
2.1 Homogene Rußverteilung .....	26
2.1.1 Granulat- und pulverförmige Thermoplaste .....	26
2.1.2 Flüssige und pastöse Systeme .....	26
2.2 Ungleichmäßige Rußverteilung .....	26
3 Beeinflussung der elektrischen Leitfähigkeit .....	28
3.1 Einfluß des Bindemittels .....	28
3.2 Verarbeitungseinflüsse .....	30
3.2.1 Scherbeanspruchung .....	30
3.2.2 Rußverteilung .....	32
3.2.3 Orientierung .....	32

4 Einfluß des Rußes auf die Eigenschaften von Bindemittelsystemen .....	34
4.1 Elektrische Eigenschaften .....	34
4.2 Mechanische Eigenschaften .....	34
4.3 Sonstige Einflüsse .....	36
5 Zusammenfassung .....	36
 3 Meßtechnik für den Widerstand leitfähiger Kunststoffe	
A. Kamm, Leverkusen .....	39
1 Elektrischer Widerstand .....	39
1.1 Ohmsches Gesetz Gleichstrom-, Wechselstromwiderstand	39
1.2 Widerstandsbereiche .....	40
1.3 Arten des elektrischen Widerstands .....	41
1.3.1 Spezifischer Durchgangswiderstand .....	42
1.3.2 Widerstand zwischen Stöpseln .....	43
1.3.3 Oberflächenwiderstand .....	44
1.4 Leitfähigkeit .....	44
2 Prüfnormen .....	44
3 Verfahren .....	45
3.1 Durchgangswiderstand .....	46
3.2 Widerstand zwischen Stöpseln .....	47
3.3 Oberflächenwiderstand .....	48
3.4 Nicht festgelegte Elektrodenarten .....	50
3.5 Meßparameter .....	50
4 Genauigkeit der Ergebnisse .....	51
5 Meßgeräte, Meßverfahren .....	53
5.1 Strom-Spannungs-Messung .....	53
5.2 Brücken-Methode .....	54
6 Zusammenfassung .....	55
 4 Elektromagnetische Abschirmung mit füllstoffhaltigen elektrisch leitfähigen Kunststoffen	
K.-H. Möbius, Ludwigshafen a. Rh. ....	59
1 Aufgabenstellung .....	59
2 Elektrisch leitfähiges Netzwerk der Füllerteilchen .....	62
2.1 Statistisch verteilte Füllerteilchen .....	64
2.2 Nichtstatistische Verteilung der Füllerteilchen .....	65
2.3 Einfluß der Compoundierung und Verarbeitung .....	67
2.4 Kontaktierung der Füllerteilchen untereinander .....	68
3 Grundlagen der elektromagnetischen Abschirmung .....	69
4 Meßmethoden .....	75
4.1 Fernfeld-Messungen .....	75
4.2 Nahfeld-Messungen .....	77

5 Experimentelle Ergebnisse .....	77
6 Stabilität der elektrischen Eigenschaften bei Temperaturwechselbelastung .....	81
7 Alternative Entwicklungen, offene Fragen .....	83
5 Neue Konstruktionswerkstoffe mit elektromagnetisch abschirmenden Eigenschaften W. Krieger, K. Wenderoth, Hamburg .....	89
1 Einleitung .....	89
1.1 Abschirmung mit polymeren Systemen .....	89
1.2 Ferroelektrika - Eigenschaften und Wirkungsweise im Verbundsystem .....	90
2 Experimente .....	90
2.1 Zusammensetzung der Systeme .....	90
2.2 Leitfähigkeitsmessungen .....	91
2.3 Abschirmungsmessungen .....	92
2.4 Ergebnisse der Abschirmungsmessung .....	93
3 Diskussion der Abschirmungsmechanismen .....	96
3.1 Wirbelstromverlust .....	97
3.2 Hystereseverlust .....	98
3.3 Maxwell-Wagner-Sillars-Polarisation .....	99
3.4 Kondensatorverlust .....	100
3.5 Antennenverlust .....	102
4 Zusammenfassung .....	103
6 Kunststoffe als Schutz gegen Elektrostatik P. Kitzer, Hamburg .....	105
1 Einleitung .....	105
2 Schutzsysteme gegen Elektrostatik .....	105
2.1 Auswirkungen der Elektrostatik .....	105
2.2 Schutz gegen Elektrostatik .....	106
2.3 Anforderungen aus der Industrie .....	106
2.4 Materialanforderungen für wirksamen Schutz .....	107
2.4.1 Anforderungen für den Arbeitsplatzbereich .....	107
2.4.2 Anforderungen für den Transport .....	108
2.4.3 Ableitung von Ladungen .....	108
2.4.4 Antistatisches Verhalten .....	108
2.4.5 Abschirmung gegen elektrostatische Felder .....	109
3 Kunststoffe im Schutzsystem .....	110
3.1 Allgemeines .....	110
3.2 Beeinflussung der elektrischen Eigenschaft .....	110
3.3 Elektrisch leitende Kunststoffe .....	111
4 Verarbeitung zu leitfähigen Produkten .....	111
4.1 Elektrisch leitfähige Thermoplaste .....	111

4.2 Qualitätskontrolle und -Prüfung .....	113
4.3 Reproduzierbare Qualität der Materialeigenschaften ..	117
5 Ausblick auf zukünftige Anforderungen .....	117
6 Zusammenfassung .....	118
7 Strahlungsvernetzte leitfähige Kunststoffe und ihre Anwendungen	
G.H. Kleinheins und K.P. Goetze, Ottobrunn .....	121
1 Einleitung .....	121
2 Experimentelle Befunde und ihre Deutung .....	121
2.1 Einfluß der Rußbeimengung auf den elektrischen Widerstand .....	122
2.2 Abhängigkeit des spezifischen Widerstands von der Feldstärke .....	124
2.3 Temperaturabhängigkeit des elektrischen Widerstands ..	125
2.4 Notwendigkeit der Strahlungsvernetzung .....	126
3 Produktbeispiele für die Nutzung strahlungsvernetzter leitfähiger Kunststoffe .....	127
3.1 Potentialsteuerung am Ende von Mittelspannungskabeln ..	127
3.2 Erdschirm bei Kabelverbindungen .....	129
3.3 Kunststoff-Anoden für den kathodischen Korrosionsschutz .....	130
3.4 Selbstregelnde Heizbänder .....	132
3.5 Diskrete Schaltelemente zum Übertemperatur und Überstromschutz .....	133
3.6 Sonstige Anwendungen .....	135
8 Elektromagnetische Abschirmung von Gehäusen	
V. Krause, Leverkusen .....	137
1 Grundlagen der elektromagnetischen Abschirmung .....	137
2 Vorschriften .....	138
3 Technische Thermoplaste als Werkstoffe für abzuschirmende Gehäuse .....	140
3.1 Datentechnik .....	140
3.1.1 Zähigkeit .....	140
3.1.2 Fließfähigkeit .....	141
3.1.3 Temperaturbeständigkeit .....	141
3.1.4 Brandverhalten .....	141
3.2 Kraftfahrzeuge .....	142
4 Abschirmverfahren durch Nachbehandlung .....	142
4.1 Leitfähige Lacke .....	142
4.2 Aufdampfen von Metall .....	143
4.3 Kathodenzerstäubung .....	144
4.4 Flamspritzen .....	144

4.5 Lichtbogenspritzen .....	145
4.6 Chemogalvanisches Metallisieren .....	145
5 UL-Zulassung von abgeschirmten Materialien .....	146
6 Ausblick .....	148
9 Abschirmung von elektrischen Geräten .....	149
J. Wittenburg, Paderborn .....	149
1 Schirmung. Gesetzliche Vorschriften .....	149
2 Physikalische Grundlagen der Abschirmung .....	151
2.1 Wirkung von Fernfeld und Nahfeld .....	151
2.2 Abschirmung .....	154
2.3 Reflexionsdämpfung R .....	155
2.4 Absorptionsdämpfung A .....	158
3 Schirmung in der Praxis .....	160
3.1 Gehäuse mit Öffnungen .....	160
3.2 Auswirkungen von Schlitzen .....	160
4 Schirmung. Materialien und Verfahren .....	162
4.1 Materialien .....	162
4.2 Verfahren .....	163
4.2.1 Beschichtung .....	163
4.2.2 Metallische Füllstoffe .....	166
4.2.3 Leitfähige Kunststoffe .....	166
5 Meßverfahren zur Bestimmung der Schirmdämpfung .....	166
6 Zusammenfassung .....	167
10 Abgeschirmte Gehäuse in einem Arbeitsgang mit Hilfe des Mehrkomponenten-Spritzgießverfahrens .....	169
H. Eckardt, Meinerzhagen .....	169
1 Einleitung .....	169
2 Verfahren und Maschinen .....	170
3 Rohstoffe für elektromagnetische Abschirmung .....	173
4 Füllung der Formnester bei Verwendung des Mehrkomponenten-Spritzgießverfahrens .....	176
5 Anwendungsbeispiele .....	177
5.1 Herstellung von dickwandigen Formteilen mit kompaktem oder mit geschäumtem Kern .....	177
5.2 Herstellung von dünnwandigen Formteilen .....	177
5.3 Abschirmung in einem Arbeitsgang .....	178
6 Meßergebnisse .....	182
7 Artikeldesign von Formteilen für das Mehrkomponenten-Verfahren .....	185
8 Wirtschaftlichkeit .....	186
9 Zukunftsausblick .....	190

<b>11 Elektrisch leitende Kleb- und Kunststoffe in der Kraftfahrzeug-Elektronikfertigung</b>	
W. Richly, Regensburg .....	191
1 Einleitung .....	191
2 Leitklebstoffe .....	192
3 Elektrisch leitfähige Kunststoffe .....	196
4 Anwendungen .....	198
5 Zusammenfassung .....	200
 <b>12 Elektrisch leitfähige Epoxidharz-Formstoffe mit neuartigen anorganischen Füllstoffen</b>	
W. Dunkel, Frankfurt/M. ....	201
1 Einleitung .....	201
2 Leitfähige Epoxidharz-Formstoffe .....	202
2.1 Leitfähige Füllstoffe (LFF) .....	202
2.2 Epoxidharz-Bindemittel .....	202
3 Eigenschaften .....	203
3.1 Viskosität und Reaktivität .....	203
3.2 Füllstoffgehalt und spezifischer Durchgangswiderstand .....	204
3.3 Reproduzierbarkeit .....	205
3.4 Abschirmwirkung .....	206
3.5 Temperaturabhängigkeit .....	206
3.6 Thermische Alterung .....	207
3.7 Wasserlagerung .....	209
3.8 Formstoffeigenschaften .....	212
4 Schlußfolgerung .....	212
 <b>13 Elektrisch leitfähiger Siliconkautschuk und seine Anwendungen</b>	
D. Wolfer, Burghausen .....	215
1 Einleitung .....	215
2 Siliconkautschuk, die Polymermatrix .....	215
3 Eigenschaften .....	215
4 Leitfähige Füllstoffe .....	219
5 Elektrische Leitfähigkeit .....	221
5.1 Mechanismus .....	221
5.2 Messung .....	221
6 Verarbeitung .....	222
7 Änderung des spezifischen Durchgangswiderstandes .....	224
7.1 Temperaturabhängigkeit .....	224
7.2 Lösungsmittel .....	224
7.3 Dehnungseffekte .....	224

7.4 Druckabhängige Widerstandsänderung .....	225
8 Anwendungen .....	225
8.1 Hochspannungstechnik .....	226
8.2 Elektronik .....	228
8.3 Kopiergeräte .....	231
8.4 Abschirmung elektrischer bzw. elektromagnetischer Felder, Hochfrequenztechnik .....	231
8.5 Automobilzündleitungen .....	233
8.6 Heizelemente .....	233
8.7 Medizintechnik .....	235
14 Vergleich von gefüllten und intrinsisch elektrisch leitfähigen Kunststoffen	
H. Münstedt, Ludwigshafen a. Rh. ....	237
1 Bedeutung der elektrischen Leitfähigkeit für Kunststoffe	237
2 Wege zur Herstellung elektrisch leitfähiger Polymerer ...	237
3 Eigenschaften intrinsisch elektrisch leitfähiger Polymerer .....	238
3.1 Elektrochemische Eigenschaften .....	239
3.2 Elektrische Leitfähigkeit .....	240
3.3 Mechanische Eigenschaften .....	241
4 Anwendungspotential von Polypyrrol .....	242
5 Gefüllte elektrisch leitfähige Polymere .....	243
5.1 Allgemeine Betrachtungen zur Leitfähigkeit .....	243
5.2 Anwendungen, die hohe Leitfähigkeiten erfordern .....	245
5.3 Anwendungen, die eine definierte niedrige Leitfähigkeit erfordern .....	247
5.4 Mechanische Eigenschaften .....	248
6 Transparente, elektrisch leitfähig ausgerüstete Polymere	250
15 Selbstleitende Kunststoffe	
S. Roth, Stuttgart .....	253
1 Einleitung .....	253
2 Die chemische Struktur selbstleitender Kunststoffe .....	254
3 Die Physik konjugierter Polymere .....	256
4 Elektrische Leitfähigkeit .....	259
5 Ausblick .....	261
16 Chemie selbstleitender Kunststoffe	
K. Menke, Pfinztal-Berghausen .....	265
1 Einleitung .....	265
2 Molekülstrukturen leitfähiger Polymere .....	265



3 Herstellung leitfähiger Polymere .....	268
3.1 Polymerisation von Acetylen .....	269
3.2 Kupplungsreaktionen von Aromaten und Heterocyclen ...	272
3.2.1 Oxo-Polymerisation von Benzol .....	272
3.2.2 Oxo-Polymerisation von Heterocyclen .....	273
3.2.2.1 Chemische Oxidationsmittel .....	277
3.2.2.2 Elektrochemische Polymerisation .....	278
3.2.3 Reduktive Kupplungen .....	280
3.3 Eliminierungsreaktionen aus Präpolymeren .....	281
4 Dotierungsreaktionen .....	282
4.1 Chemische Dotierung .....	284
4.2 Elektrochemische Dotierung .....	286
5 Stabilität leitfähiger Polymere .....	286
5.1 Stabilität undotierter Polymere .....	286
5.2 Stabilität dotierter Polymere .....	287
5.3 Chemische Reaktivität dotierter Polymere .....	290
6 Verarbeitbarkeit selbstleitender Kunststoffe .....	292
 17 Synthese von elektrisch leitfähigen Polymeren	
H. Naarmann, Ludwigshafen .....	297
1 Einleitung .....	297
2 Polyacetylen: $(CH=CH)_x$ .....	298
2.1 Synthese von Polyacetylen .....	300
2.1.1 Die Herstellung cis-reicher $(CH)_x$ -Filme (Shirakawa-Verfahren) .....	300
2.1.2 Die Herstellung von trans-reichem Shirakawa $(CH)_x$ -Pulver .....	300
2.1.3 Die Synthese von $(CH)_x$ -Pulver nach Green-Luttinger (metallalkylfreies Syntheseverfahren) .....	301
2.1.4 Die Synthese von hochvernetztem $(CH)_x$ -Cupren nach Reppe .....	301
2.1.5 Die Synthese von amorphem $(CH)_x$ -Pulver nach Hatano .....	302
2.1.6 Hochleitfähige $(CH)_x$ -Filme .....	302
2.1.7 Katalysatorherstellung .....	303
2.1.8 ARA-Katalysator .....	303
2.1.9 Dotierung der Polyacetylene .....	303
2.1.10 Eigenschaften .....	305
3 Polyheterocyclen .....	309
3.1 Variationsbreite der Synthese .....	310
3.2 Kontinuierliche Fahrweise .....	312
3.3 Stabilität von Polypyrrol .....	314
3.4 Chemische Modifizierung zur Herstellung leitfähiger Oberflächen .....	314
3.5 Substituierte Heterocyclen .....	317
4 Polyaminoaromate - Polyanilin .....	317
5 Polyaromaten - Polyphenylen .....	320

5.1	Synthese von Polymeren mit alternierenden aromatischen und anderen ungesättigten Einheiten ....	320
5.1.1	Synthese von Polyxylylidenen .....	321
5.2	Polymere mit Heteroaromaten in der Hauptkette .....	322
5.3	Cyclisierungsreaktionen (chemisch) .....	323
5.3.1	Thermische Cyclisierungsreaktionen .....	324
5.4	Die Pyrolyse .....	324
6	Makrozyklen .....	325
7	Ausblick .....	326
18	Überbrückte makrocyclische Metallkomplexe als organische Halbleiter M. Hanack, Tübingen .....	331
19	Charge-Transfer-Komplexe in Polymermatrix G. Heywang, Leverkusen .....	347
1	Einleitung .....	347
2	Einarbeitung von Charge-Transfer-Komplexen in Polymere ..	347
3	Erzeugung von Charge-Transfer-Komplexen in Polymeren ....	350
3.1	Kristallisation während des Filmgießens .....	351
3.2	Kristallisation durch Quellprozesse .....	355
4	Eigenschaften von Charge-Transfer-Komplexen in Polymermatrix .....	357
5	Anwendungstechnische Aspekte .....	358
20	Elektrochemische Untersuchungsmethoden zur Charakterisierung von elektrisch leitenden Kunststoffen J. Heinze, Freiburg .....	361
1	Einleitung .....	361
2	Keimbildung und -wachstum von Polymeren auf Elektrodenoberflächen .....	363
3	Bestimmung der relativen Wachstumsgeschwindigkeit von leitfähigen Polymeren während der Elektropolymerisation ..	366
4	Auf- und Entladung von leitfähigen Polymeren .....	369
21	Elektrochemische Untersuchungen leitfähiger Polymere M.M. Lohrengel, J.W. Schultze und A. Thyssen, Düsseldorf ..	377
1	Zusammenfassung .....	377
2	Einleitung .....	378
3	Systeme .....	379
4	Transportprozesse .....	380
5	Untersuchungsmethoden .....	381
6	Kinetik der anodischen Polymerisation .....	382
7	Umladeprozesse in der Polymerschicht .....	387
8	Untersuchungen der elektronischen Leitfähigkeit mit	

Elektronentransferreaktionen .....	388
8.1 Wasserstoffentwicklung .....	388
8.2 Kupferabscheidung .....	390
8.3 $\text{Fe}^{2+/3+}$ -System .....	393
8.4 $\text{Ce}^{3+/4+}$ -System .....	394
8.5 $\text{Fe}^{2+/3+}$ an überoxidiertem PANI .....	395
8.6 $\text{PbO}_2$ -Abscheidung .....	396
9 Sterische Einflüsse .....	398
 22 Kunststoffgebundener Naturgraphit und synthetische Metalle als Positive in wiederaufladbaren Batterien	
F. Beck, H. Krohn und M. Oberst, Duisburg .....	403
1 Einleitung .....	403
2 Material- und Energiefragen .....	404
3 Graphitgefüllter Kunststoff .....	405
4 Intrinsisch leitende Kunststoffe .....	408
4.1 Polyacetylen .....	409
4.2 Poly-p-phenylen .....	410
4.3 Polypyrrol .....	411
4.4 Polyanilin .....	413
4.5 Polythiophen .....	414
5 Zusammenfassende Diskussion .....	414
6 Ausblick .....	417
 23 Elektrotauchlackierung in rußgefüllten Systemen	
F. Beck und H. Guder, Duisburg .....	421
1 Einleitung .....	421
2 Abscheidung und Dickenwachstum - Mechanismen .....	423
3 Einarbeitung und Coabscheidung des Leitrußes .....	426
4 Stromtransport im Lackfilm .....	429
5 Abscheidung eines zweiten ETL-Films .....	433
6 Schlußbemerkungen .....	435
 24 Fraktale angewandt auf elektrisch leitende Komposit-Werkstoffe	
J. Bargon, H.-D. Arntz, S. Flesch, M. Röwekamp und A. Zimmermann, Bonn .....	439
1 Einleitung .....	439
2 Elektrisch leitende Polymere .....	440
2.1 Intrinsisch leitende Polymere .....	440
2.2 Elektrisch leitende Komposit-Werkstoffe .....	442
3 Synthesewege .....	442
3.1 Elektrochemische Polymerisation .....	442
3.2 Chemische "Oxopolymerisation" .....	443
4 Eigenschaften .....	445
4.1 Mechanische Eigenschaften .....	445
4.2 Elektrische Eigenschaften .....	446

5	Theoretische Beschreibung .....	447
5.1	Perkolationstheorie .....	447
5.2	Fraktale Geometrie .....	449
5.2.1	Fraktale Hausdorff-Dimension .....	449
5.3	Diffusionslimitiertes Wachstum .....	450
6	Leitfähigkeit von Komposit-Werkstoffen .....	452
6.1	Simulation der elektrischen Leitfähigkeit .....	453
7	Diskussion und Folgerungen .....	454
8	Ausblick .....	454
25	Polyurethanegebundene Elektroden für Batterien	
	K.-P. Stiehl, Dresden .....	457
1	Einleitung und Problemstellung .....	457
2	Theoretischer Teil .....	458
2.1	Polyurethanbindemittel .....	458
2.1.1	Ausgangsverbindungen .....	458
2.1.2	Grenzflächenaktive Zusätze .....	459
2.2	Vorzüge und Wirkungsweise .....	461
3	Herstellung und Eigenschaften polyurethanegebundener Elektroden .....	463
3.1	Elektrodenpräparation .....	463
3.2	Physikochemische Charakterisierung .....	463
3.2.1	Leitfähigkeit .....	463
3.2.2	Porosität und Elektrolytaufnahme .....	465
3.2.3	Elektrochemisches Verhalten .....	466
4	Zusammenfassung .....	469
26	Leitungsmechanismus und Funktionsverhalten elektrisch leitender Klebstoffe am Beispiel eines Leistungstransistors	
	H. Brunner, München .....	471
1	Einleitung .....	471
2	Verfahren zum Fügen von Halbleiterkristallen .....	472
3	Aufbau und Leitungsmechanismus elektrisch leitender Klebstoffe .....	472
4	Einsatz elektrisch leitender Klebstoffe .....	474
5	Einfluß der Aushärtebedingungen auf die physikalischen Eigenschaften der Klebschicht .....	474
6	Einfluß von Belastungstest .....	475
7	Einfluß von Partikelorientierungen .....	476
8	Magnetische Ausrichtung von Partikeln .....	478
9	Vergleich: Kleben-Löten am Beispiel eines Leistungstransistors .....	479
10	Zusammenfassung .....	481

<b>27 Die Verarbeitung elektrisch leitfähiger Polymere und Compounds</b> - Werkzeug zur Erforschung und Nutzung von Strukturen und Eigenschaften B. Weßling, Ahrensburg .....	<b>483</b>
1 Einleitung .....	483
2 Problemstellung .....	483
3 Inhärent (intrinsisch) leitfähige Polymere (ICP) .....	485
3.1 Verarbeitung als wissenschaftliches Problem .....	485
3.2 Verarbeitung als technisches Problem .....	487
3.3 Verarbeitungsforschung als strategisches Problem ....	489
4 Leitfähige Rußcompounds .....	489
4.1 Anwendungsgebiete und Leitfähigkeitsbereiche .....	490
4.2 Herstellung, Verarbeitung und Gebrauchseigenschaften	491
4.3 Perkolation .....	492
5 Abhängigkeit der Strukturen und Eigenschaften der Rußcompounds von der Verarbeitung .....	493
5.1 Rheologie .....	493
5.2 Mechanische Eigenschaften .....	495
5.3 Leitfähigkeit und Verarbeitungsbedingungen .....	498
5.4 Ausblick .....	500
6 Verarbeitung intrinsisch leitfähiger Polymere durch Veränderung der chemischen Struktur .....	500
6.1 Polymerisation in einer Polymer-Matrix .....	501
6.2 Copolymere und Polymere aus Monomeren mit Seitenketten .....	502
7 Verarbeitung von ICP aufgrund inhärenter Eigenschaften ..	506
7.1 Formteile aus reinen ICP: Thermoduktilität .....	508
7.2 Polymerblends: ICP als dispergierte perkolierende Phase .....	510
8 Zusammenfassung und Ausblick .....	513
 <b>28 Physikalisch-technische Grundlagen der Abschirmung elektro- magnetischer Felder und Wellen durch leitfähige Kunststoffe</b> U. Leute, Ulm .....	 <b>521</b>
1 Einleitung .....	521
2 Physikalische Grundlagen .....	522
2.1 Felder und Wellen .....	522
2.2 Mechanismen .....	524
2.3 Meßgrößen .....	525
2.4 Meßverfahren .....	529
3 Kunststoffe für abschirmende Gehäuse .....	530
 <b>29 Industrielle Anwendungsmöglichkeiten leitender Kunststoffe</b> H. Kiess, Zürich .....	 <b>533</b>
1 Einleitung .....	533
2 Eigenschaften leitender Polymere .....	533

2.1 Mechanische Eigenschaften .....	533
2.2 Elektrische Eigenschaften .....	534
2.3 Optische Eigenschaften .....	536
3 Anwendungsmöglichkeiten leitender Polymere .....	537
3.1 Allgemeiner Überblick .....	537
3.2 Ausnutzung der metallischen Leitfähigkeit .....	539
3.3 Verwendung der Halbleitereigenschaften .....	540
3.4 Ausnutzung der Intercalationseigenschaften .....	541
 30 Der Einsatz von polymeren Halbleitern als Sensormaterial	
G. Weddigen, H. Suhr, Heidelberg .....	545
1 Einleitung .....	545
2 Verwendete Materialien und Ergebnisse .....	547
3 Physikalischer Aufbau .....	554
4 Anwendungen von halbleitenden Polymeren in der Biosensorik .....	556
5 Ausblick und Zusammenfassung .....	558