

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
1 Leitende Kunststoffe für elektrotechnische Erzeugnisse	
H.J. Mair, Rottach-Egern	1
1 Einleitung	1
2 Anforderungen	1
3 Herstellung	2
4 Formmassen mit Leitfähigkeitsruß	3
5 Compounds mit Metallteilchen und Kohlenstofffasern	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 Schreibränder	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
2 Ruß für leitfähige Kunststoffe	
R.G. Gilg, Wolfgang	21
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 Elektrostatisik	
P. Kitzer, Hamburg	105
1 Einleitung	105
2 Schutzsysteme gegen Elektrostatisik	105
2.1 Auswirkungen der Elektrostatisik	105
2.2 Schutz gegen Elektrostatisik	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 Lacks	142
4.2 Aufdampfen von Metall	143
4.3 Kathodenerstäubung	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	
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	
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

11 Elektrisch leitende Kleb- und Kunststoffe in der Kraftfahrzeug-Elektronikfertigung	
W. Richly, Regensburg	191
1 Einleitung	191
2 Leitklebstoffe	192
3 Elektrisch leitfähige Kunststoffe	196
4 Anwendungen	198
5 Zusammenfassung	200
12 Elektrisch leitfähige Epoxidharz-Formstoffe mit neuartigen anorganischen Füllstoffen	
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
13 Elektrisch leitfähiger Siliconkautschuk und seine Anwendungen	
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 (metafalkylfreies 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 Fe ^{2+/3+} -System	393
8.4 Ce ^{3+/4+} -System	394
8.5 Fe ^{2+/3+} an überoxidiertem PANI	395
8.6 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 Vorteile 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

27 Die Verarbeitung elektrisch leitfähiger Polymere und Compounds	
- Werkzeug zur Erforschung und Nutzung von Strukturen und Eigenschaften	
B. Weßling, Ahrensburg	483
1 Einleitung	483
2 Problemstellung	483
3 Inhärenz (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 Copolymerne und Polymere aus Monomeren mit Seitenketten	502
7 Verarbeitung von ICP aufgrund inhärenter Eigenschaften ..	506
7.1 Formteile aus reinen ICP: Thermodynamik	508
7.2 Polymerblends: ICP als dispergierte perkolierende Phase	510
8 Zusammenfassung und Ausblick	513
28 Physikalisch-technische Grundlagen der Abschirmung elektromagnetischer Felder und Wellen durch leitfähige Kunststoffe	
U. Leute, Ulm	521
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
29 Industrielle Anwendungsmöglichkeiten leitender Kunststoffe	
H. Kiess, Zürich	533
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