

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	1
1.1	Zur „Philosophie“ der Prüfung	1
1.2	Allgemeine Prüfprobleme	4
1.2.1	Über die Notwendigkeit von Normen	4
1.2.2	Probekörpervorbereitung	5
1.2.3	Größe und Form von Probekörpern	7
1.2.4	Darstellung der Ergebnisse	9
1.2.5	Grenzen der Meßergebnisse	10
1.3	Bemerkungen zur Statistik	12
1.3.1	Einführung	12
1.3.2	Statistische Grundbegriffe	13
1.3.3	Versuchsplanung	16
1.4	Qualitätskontrolle	17
1.4.1	Allgemeine Betrachtungen	17
1.4.2	Probenahme	19
1.4.3	Eichung	20
	Literatur zu Kapitel 1	21
<b>2</b>	<b>Normen und Normenorganisationen</b>	23
2.1	Normen — Prüfmethode und Spezifikationen	23
2.1.1	Einführung	23
2.1.2	Prüfmethode	24
2.2	Organisationen für die Herausgabe von Normen	26
2.2.1	Internationale Normen	26
2.2.2	Nationale Normen	30
2.2.3	Firmennormen	34
2.3	Einheiten	35
	Literatur zu Kapitel 2	35
	Anhang A: Nationale Körperschaften, ISO-Mitglieder	36
	Anhang B: Abkürzungen zur Bezeichnung des Ursprungslandes von Normen	43
<b>3</b>	<b>Probekörpervorbereitung</b>	45
3.1	Einführung	45
3.2	Mischen und Verarbeiten	46
3.2.1	Allgemeine Betrachtungen	46
3.2.2	Genormte Herstellverfahren	49
3.3	Ausstanzen aus Tafeln	53
3.4	Herstellung von Probekörpern aus Halbzeug und Fertigteilen mittels spangebender Bearbeitung	54
	Literatur zu Kapitel 3	56

## VIII *Inhaltsverzeichnis*

<b>4</b>	<b>Konditionierung und Prüfklimate</b>	59
4.1	Einführung	59
4.2	Lagerung	60
4.3	Konditionierung	61
4.3.1	Definitionen	61
4.3.2	Standard-Verfahren	61
4.4	Prüfklimate	65
4.5	Geräte für die Konditionierung	66
4.5.1	Luftklimatisierte Räume	67
4.5.2	Klimakammern	67
4.5.3	Thermometer	68
4.5.4	Hygrometer	69
4.5.5	Geräte für hohe und tiefe Temperaturen	69
4.6	Thermisches Gleichgewicht bei der Konditionierung	70
	Literatur zu Kapitel 4	84
<b>5</b>	<b>Prüfungen der Verarbeitbarkeit</b>	87
5.1	Einführung	87
5.2	Viskoelastisches Fließverhalten	87
5.3	Fließprüfungen für thermoplastische Kunststoffe	90
5.3.1	Schmelzindex, abgekürzt MFI (melt flow index)	90
5.3.2	Rossi-Peakes-Prüfung	93
5.3.3	Weitere Fließprüfungen	95
5.4	Fließprüfverfahren für härtbare Formmassen	98
5.4.1	Fließbecher-Prüfung	98
5.4.2	Spiralfließprüfung	98
5.5	Viskositäts-Normprüfverfahren	99
5.6	Gelierzzeiten von Reaktionsharzmassen – Normprüfmethoden	100
5.7	Andere Prüfungen	101
	Literatur zu Kapitel 5	102
<b>6</b>	<b>Polymercharakterisierung</b>	105
6.1	Einführung	105
6.2	Kristallinität	106
6.3	Molmasse	106
6.3.1	Allgemeine Betrachtungen	106
6.3.2	Lösungviskosität – Definitionen und Beziehungen zur Molmasse	108
6.3.3	Messung der Lösungviskosität	111
6.3.4	Verwendung von Verdünnungs-Viskosimetern	115
6.3.5	Lösungviskosität – Genormte Prüfmethoden	118
	Literatur zu Kapitel 6	118

<b>7</b>	<b>Dichte und Abmessungen</b> . . . . .	121
7.1	Dichte . . . . .	121
7.1.1	Definitionen . . . . .	121
7.1.2	Genormte Prüfmethoden . . . . .	121
7.1.3	Besondere Verfahren . . . . .	126
7.2	Abmessungen . . . . .	128
7.2.1	Normprüfmethoden . . . . .	128
7.2.2	Nicht genormte Methoden . . . . .	131
7.2.3	Oberflächenrauigkeit . . . . .	132
7.2.4	Extensometrie . . . . .	132
7.2.5	Dimensionsstabilität . . . . .	132
7.2.6	Teilchenverteilung . . . . .	132
	Literatur zu Kapitel 7 . . . . .	133
<b>8</b>	<b>Kurzzeit-Spannungs-Dehnungsverhalten</b> . . . . .	135
8.1	Härte . . . . .	135
8.1.1	Allgemeine Betrachtungen . . . . .	135
8.1.2	Normprüfmethoden . . . . .	136
8.1.3	Weitere Methoden . . . . .	141
8.2	Spannungs-Dehnungsverhalten bei Zugbeanspruchung . . . . .	144
8.2.1	Allgemeine Betrachtungen . . . . .	144
8.2.2	Prüfmaschinen . . . . .	147
8.2.3	Spannungseinrichtungen . . . . .	150
8.2.4	Definitionen der Begriffe . . . . .	153
8.2.5	Genormte Probekörper . . . . .	154
8.2.6	Normprüfmethoden . . . . .	158
8.2.7	Dehnungsmessung . . . . .	160
8.2.8	Messung des Moduls . . . . .	161
8.3	Spannungs-Dehnungsverhalten bei Druckbeanspruchung . . . . .	162
8.3.1	Allgemeine Betrachtungen . . . . .	162
8.3.2	Apparative Ausrüstung . . . . .	162
8.3.3	Begriffe . . . . .	163
8.3.4	Normprüfmethoden . . . . .	164
8.3.5	Druckversuch mit zweiachsiger Dehnung . . . . .	166
8.4	Spannungs-Dehnungsverhalten bei Scherbeanspruchung . . . . .	167
8.5	Spannungs-Dehnungsverhalten bei Biegebeanspruchung . . . . .	168
8.5.1	Allgemeine Betrachtungen . . . . .	168
8.5.2	Definitionen . . . . .	171
8.5.3	Normprüfmethoden . . . . .	171
8.6	Einreißfestigkeitsprüfungen . . . . .	174
8.6.1	Allgemeine Betrachtungen . . . . .	174
8.6.2	Normprüfmethoden . . . . .	175
8.7	Schlagprüfungen . . . . .	177
8.7.1	Allgemeine Betrachtungen . . . . .	177
8.7.2	Pendelschlagversuche . . . . .	178

## X *Inhaltsverzeichnis*

8.7.3	Fallbolzenversuche . . . . .	182
8.7.4	Schlagzugfestigkeit – Normprüfmethode . . . . .	185
8.7.5	Betrachtungen zu den Schlagzähigkeitswerten . . . . .	186
	Literatur zu Kapitel 8 . . . . .	188
<b>9</b>	<b>Dynamisches Spannungs-Dehnungsverhalten</b> . . . . .	<b>193</b>
9.1	Einführung . . . . .	193
9.2	Freie Schwingungen . . . . .	196
9.3	Erzwungene Schwingungen . . . . .	198
9.3.1	Erzwungene Schwingungen außerhalb des Resonanzbereiches . . . . .	198
9.3.2	Erzwungene Schwingungen bei Resonanz . . . . .	199
	Literatur zu Kapitel 9 . . . . .	200
<b>10</b>	<b>Reibung und Verschleiß</b> . . . . .	<b>203</b>
10.1	Einführung . . . . .	203
10.2	Reibung . . . . .	203
10.2.1	Allgemeine Betrachtungen . . . . .	203
10.2.2	Verfahren zur Messung der Reibung . . . . .	205
10.3	Verschleiß . . . . .	208
10.3.1	Allgemeine Betrachtungen . . . . .	208
10.3.2	Normprüfmethode . . . . .	209
	Literatur zu Kapitel 10 . . . . .	211
<b>11</b>	<b>Kriechen und Relaxation</b> . . . . .	<b>213</b>
11.1	Einführung . . . . .	213
11.2	Kriechen . . . . .	213
11.2.1	Allgemeine Betrachtungen . . . . .	213
11.2.2	Definitionen . . . . .	214
11.2.3	Normprüfmethode . . . . .	215
11.2.4	Praktische Ausführung der Meßsysteme . . . . .	219
11.3	Spannungsrelaxation . . . . .	226
11.3.1	Normprüfmethode . . . . .	229
	Literatur zu Kapitel 11 . . . . .	229
<b>12</b>	<b>Ermüdungsverhalten</b> . . . . .	<b>231</b>
12.1	Einführung . . . . .	231
12.2	Wechselbeanspruchung . . . . .	232
12.2.1	Allgemeine Betrachtungen . . . . .	232
12.2.2	Normprüfmethode . . . . .	235
12.3	Statisches Zeitbruchverhalten . . . . .	236
	Literatur zu Kapitel 12 . . . . .	240
<b>13</b>	<b>Elektrische Eigenschaften</b> . . . . .	<b>243</b>
13.1	Einführung . . . . .	243

13.2	Messung elektrischer Eigenschaften . . . . .	243
13.3	Elektrische Widerstandswerte . . . . .	247
13.3.1	Definitionen und allgemeine Hinweise . . . . .	247
13.3.2	Einheiten, Bereiche und Genauigkeit der Werte . . . . .	248
13.3.3	Meßtechniken . . . . .	249
13.3.4	Auswahl der richtigen Prüfeinrichtungen . . . . .	253
13.3.5	Elektroden . . . . .	255
13.3.6	Einfluß der Zeitdauer der Spannungseinwirkung . . . . .	257
13.3.7	Einfluß der Temperatur . . . . .	258
13.3.8	Einfluß der Luftfeuchtigkeit . . . . .	259
13.3.9	Normprüfmethoden . . . . .	259
13.4	Isolationswiderstand . . . . .	261
13.4.1	Allgemeine Betrachtungen . . . . .	261
13.4.2	Genormte Prüfmethoden. . . . .	262
13.5	Prüfungen für antistatische und leitfähige Kunststoffe . . . . .	263
13.5.1	Allgemeine Betrachtungen . . . . .	263
13.5.2	Einfluß von Temperatur, Luftfeuchte und Deformation . . . . .	265
13.5.3	Ladungsmessungen. . . . .	266
13.5.4	Prüfung des Auflade- und Entladevorgangs . . . . .	267
13.5.5	Durchgangswiderstandsmessungen . . . . .	270
13.6	Verlustfaktor und Dielektrizitätszahl . . . . .	271
13.6.1	Allgemeine Betrachtungen . . . . .	271
13.6.2	Definitionen und Ersatzschaltbilder . . . . .	271
13.6.3	Einfluß von Temperatur, Frequenz und Feuchtigkeit . . . . .	274
13.6.4	Elektroden . . . . .	274
13.6.5	Meßtechniken — Allgemeines . . . . .	278
13.6.6	Meßeinrichtungen für den Bereich von 50 Hz bis 20 kHz . . . . .	279
13.6.7	Meßverfahren für den Bereich von 10 kHz bis 100 MHz . . . . .	285
13.6.8	Messungen oberhalb 100 MHz . . . . .	288
13.6.9	Normprüfmethoden . . . . .	288
13.7	Elektrische Festigkeit . . . . .	290
13.7.1	Definitionen und Erläuterungen . . . . .	290
13.7.2	Spannungseinwirkung . . . . .	292
13.7.3	Umgebungsbedingungen . . . . .	292
13.7.4	Anzahl der Prüfungen . . . . .	293
13.7.5	Spannungsquelle und Durchführung der Messung . . . . .	293
13.7.6	Normprüfmethoden . . . . .	293
13.8	Glimmfestigkeit, Kriechstromfestigkeit und Lichtbogenfestigkeit . . . . .	296
13.8.1	Allgemeine Betrachtungen . . . . .	296
13.8.2	Glimmfestigkeit . . . . .	297
13.8.3	Kriechstromfestigkeit . . . . .	298
13.8.4	Lichtbogenfestigkeit . . . . .	303
13.9	Weitere elektrische Prüfungen . . . . .	304
Literatur zu Kapitel 13	. . . . .	306

## XII *Inhaltsverzeichnis*

<b>14</b>	<b>Optische Eigenschaften</b> . . . . .	311
14.1	Einführung . . . . .	311
14.2	Brechung . . . . .	312
14.2.1	Begriffe und Definitionen . . . . .	312
14.2.2	Meßmethoden . . . . .	313
14.3	Doppelbrechung . . . . .	316
14.3.1	Definition . . . . .	316
14.3.2	Meßmethode . . . . .	316
14.4	Transparenz . . . . .	318
14.4.1	Allgemeine Betrachtungen . . . . .	318
14.4.2	Lichtdurchlässigkeit und Trübung — Labormethoden . . . . .	319
14.4.3	Lichtdurchlässigkeit und Trübung — Praxisnahe Versuche . . . . .	321
14.4.4	Durchsichtigkeit . . . . .	321
14.5	Glanz . . . . .	322
14.5.1	Allgemeine Bemerkungen . . . . .	322
14.5.2	Normprüfmethoden . . . . .	322
14.6	Farbe . . . . .	323
	Literatur zu Kapitel 14 . . . . .	326
<b>15</b>	<b>Thermische Eigenschaften</b> . . . . .	329
15.1	Einführung . . . . .	329
15.1.1	Die Wärmeleitungsgleichung . . . . .	329
15.1.2	Einheiten . . . . .	330
15.1.3	Grundsätzliche Bedeutung der Temperaturleitfähigkeit . . . . .	331
15.1.4	Wärmeübergang . . . . .	331
15.2	Messung der Wärmeleitfähigkeit . . . . .	333
15.2.1	Stationäre Methoden . . . . .	333
15.2.2	Instationäre Methoden . . . . .	341
15.3	Messung der Temperaturleitfähigkeit . . . . .	343
15.3.1	Einführung . . . . .	343
15.3.2	Grundsatzbetrachtungen . . . . .	344
15.3.3	Abschreck-Methoden . . . . .	347
15.3.4	Lineare Aufheizmethoden . . . . .	349
15.3.5	Methode der periodischen Aufheizung . . . . .	350
15.3.6	Methode der kontinuierlichen Aufheizung . . . . .	350
15.3.7	Methode der Impuls-Heizung . . . . .	351
15.4	Spezifische Wärmekapazität . . . . .	352
15.4.1	Einführung . . . . .	352
15.4.2	Adiabatische Kalorimeter . . . . .	353
15.4.3	Mischungskalorimeter . . . . .	353
15.4.4	Scanning-Kalorimeter . . . . .	354
15.4.5	Weitere Methoden . . . . .	354
	Literatur zu Kapitel 15 . . . . .	355

<b>16</b>	<b>Temperatureinfluß</b> . . . . .	357
16.1	Einführung . . . . .	357
16.2	Thermische Ausdehnung . . . . .	358
16.3	Schwindung . . . . .	359
16.4	Übergangstemperatur . . . . .	361
16.5	Schmelzpunkt . . . . .	363
16.5.1	Allgemeine Betrachtungen . . . . .	363
16.5.2	Ring- und Kugelmethode . . . . .	363
16.5.3	Visuelle Bestimmung der Schmelztemperatur . . . . .	364
16.5.4	Polarisationsoptische Methode . . . . .	366
16.6	Formbeständigkeit in der Wärme. . . . .	367
16.6.1	Allgemeine Bemerkungen . . . . .	367
16.7	Versprödung bei tiefen Temperaturen und Flexibilitäts- prüfungen . . . . .	374
16.7.1	Allgemeine Bemerkungen . . . . .	374
16.7.2	Methoden zur Bestimmung einer Torsionssteifheit . . . . .	375
16.7.3	Methoden zur Bestimmung des „Kälteschlagverhaltens“ . . . . .	377
16.8	Wärmealterung. . . . .	377
16.8.1	Allgemeine Betrachtungen . . . . .	377
16.8.2	Normprüfmethoden . . . . .	379
16.9	Physikalische Prüfungen außerhalb der Umgebungs- temperatur . . . . .	382
16.9.1	Allgemeine Bemerkungen . . . . .	382
16.9.2	Prüfeinrichtungen . . . . .	383
Literatur zu Kapitel 16 . . . . .		384
<b>17</b>	<b>Verhalten gegenüber Umgebungseinflüssen</b> . . . . .	387
17.1	Einführung . . . . .	387
17.2	Einwirkung von feuchter Wärme und Dampf. . . . .	387
17.3	Einfluß von Flüssigkeiten und Chemikalien. . . . .	388
17.3.1	Wasseraufnahme und wasserlösliche Anteile . . . . .	388
17.3.2	Einfluß von Chemikalien . . . . .	390
17.3.3	Spannungskorrosion . . . . .	391
17.4	Einfluß von Gasen . . . . .	395
17.5	Bewitterung . . . . .	396
17.5.1	Allgemeine Betrachtungen . . . . .	396
17.5.2	Bewitterung im Naturversuch und Alterung . . . . .	398
17.5.3	Beschleunigte Bewitterung im Naturversuch . . . . .	399
17.5.4	Kurzprüfung der Wetter- und Lichtbeständigkeit (Simulation der Freibewitterung und der Tageslichtstrahlung) . . . . .	400
17.6	Biologischer Angriff . . . . .	403
17.7	Feuereinwirkung . . . . .	404

## XIV *Inhaltsverzeichnis*

17.7.1	Allgemeine Betrachtungen . . . . .	404
17.7.2	Laborversuche . . . . .	404
17.7.3	Großversuche zum Brandverhalten. . . . .	408
17.8	Einwirkung energiereicher Strahlung . . . . .	408
	Literatur zu Kapitel 17 . . . . .	409
<b>18</b>	<b>Permeabilität</b> . . . . .	413
18.1	Einführung . . . . .	413
18.2	Gasdurchlässigkeit . . . . .	416
18.2.1	Manometrische Methoden . . . . .	416
18.2.2	Trärgas-Methoden . . . . .	419
18.2.3	Weitere Prüfmethoden . . . . .	419
18.3	Wasserdampfdurchlässigkeit . . . . .	420
	Literatur zu Kapitel 18 . . . . .	421
<b>19</b>	<b>Zerstörungsfreie Prüfung</b> . . . . .	423
19.1	Einführung . . . . .	423
19.2	Ultraschallprüfung . . . . .	424
19.3	Schallemissionsanalyse . . . . .	430
19.4	Röntgenographie . . . . .	431
19.5	Optische Methoden . . . . .	434
19.5.1	Visuelle Abmusterung . . . . .	434
19.5.2	Photoelastizität . . . . .	434
19.5.3	Kohärente optische Techniken (Laser-Technik) . . . . .	435
19.6	Weitere zerstörungsfreie Prüfmethoden . . . . .	437
	Literatur zu Kapitel 19 . . . . .	437
<b>20</b>	<b>Fertigteilprüfung</b> . . . . .	439
20.1	Einführung . . . . .	439
20.2	Halbzeuge . . . . .	440
20.3	Faserverstärkte Kunststoffe . . . . .	440
20.4	Mechanische Eigenschaften von Fertigteilen . . . . .	441
20.5	Widerstand gegen Umgebungseinflüsse . . . . .	443
20.6	Simulation der Gebrauchsbeanspruchung . . . . .	443
20.7	Wann müssen Formteile geprüft werden . . . . .	444
	Literatur zu Kapitel 20 . . . . .	445
21	Prüfung von Formmassen und Formstoffen (Übersicht) . . . . .	447
<b>Anhang</b>	<b>Verzeichnis der Prüfgerätehersteller</b> . . . . .	473
	Stichwortverzeichnis . . . . .	481