

HANSER



Leseprobe

zu

„Werkstoff-Führer Kunststoffe“

von Erwin Baur et al.

Print-ISBN: 978-3-446-45798-0
E-Book-ISBN: 978-3-446-46067-6

Weitere Informationen und Bestellungen unter
<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-45798-0>

sowie im Buchhandel

© Carl Hanser Verlag, München

Die Autoren der 11. Auflage

■ Dr. Erwin Baur

Erwin Baur studierte Maschinenbau, Fachrichtung Kunststoffverarbeitung an der RWTH Aachen, war anschließend wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV), wo er über Werkstoffinformationssysteme promovierte. Seit 1993 ist er Geschäftsführer der M-Base Engineering + Software GmbH in Aachen, einem weltweit operierenden Anbieter von Werkstoffinformationen und Kunststoffdatenbanken.

■ Prof. Dipl. Ing. Günther Harsch

Günther Harsch war nach Industrietätigkeit von 1963 bis 1996 Professor für Werkstoffkunde und Kunststofftechnik an der Hochschule Heilbronn. In den Vorlesungen der Werkstoffkunde waren die Kunststoffe in den Sechzigerjahren noch kaum vertreten. Beim Studium der damaligen Dozenten an den Universitäten fehlten die Kunststoffe fast vollständig. Die Dozenten waren damals mehr oder weniger Autodidakten. 1967 fand im Rahmen der 12. Deutschen Kunststoff-Tagung das erste „Ingenieurschuldozenten-Kolloquium“ über dieses Thema statt. Daraus entwickelte sich das erste „Fortbildungsseminar für Professoren der Kunststofftechnik“ an der Ingenieurschule Heilbronn in Zusammenarbeit mit dem IKV der RWTH Aachen, den Ingenieurschulen Darmstadt und Esslingen. Es bildete sich ein VDI-Arbeitskreis Professoren der Kunststofftechnik, der regelmäßig Fortbildungsseminare in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgemeinschaft Kunststoff-Industrie AKI in Firmen anbot. Herr Joachim Spenker vom Carl Hanser Verlag initiierte 1972 das Erscheinen von „Haenle/Gnauck/Harsch: Praktikum der Kunststofftechnik. 1976 erschien die erste Auflage von „Hellerich/Harsch/Haenle: Werkstoff-Führer Kunststoffe“. Prof. Harsch war mehrere Jahre Obmann dieses VDI-Arbeitskreises und Mitglied in einem Arbeitskreis des Gesamtverbands Kunststoffverarbeitende Industrie GKV, auch noch im Ruhestand.

■ Prof. Dr.-Ing. Martin Moneke

Martin Moneke ist seit 2013 Professor für Werkstofftechnik der Kunststoffe, Kunststoffprüfung und Qualitätsmanagement an der Hochschule Darmstadt, dem deutschlandweit größten Ausbilder von Akademikern für die Kunststoffindustrie. Zuvor hatte er verschiedene Führungspositionen in der Industrie inne – er war Entwicklungsleiter, Quality Manager und Innovation Manager – und war im Deutschen Kunststoff-Institut tätig, zuletzt als Leiter der Abteilung Technologie. Prof. Moneke wurde 2001 zu einem Thema der Werkstoffmodellierung für die Spritzgießsimulation an der TU Darmstadt promoviert.

Prof. Moneke ist Mitglied des Instituts für Kunststofftechnik Darmstadt (ikd) und Sprecher des Forschungszentrums „Material- und Prozesstechnik“ an der Hochschule Darmstadt. Er leitet ein akkreditiertes Prüflabor für die Kunststoff-Werkstoffprüfung, ist Mitglied im Normenausschuss „Mechanische Eigenschaften und Probekörperherstellung“ und von der DGQ zertifizierter Qualitätsmanager und EOQ Quality Manager.

Vorwort zur 11. Auflage

Anlässlich des Generationenwechsels der Autoren dieses Buches, welches sich seit nunmehr über 40 Jahren in der Praxis und in der Lehre bewährt hat, erscheint es angebracht zu sein, einen Blick zurück zu werfen.

In den 60er Jahren des letzten Jahrhunderts wurden Kunststoffe schon in vielen Bereichen eingesetzt, waren aber eigentlich noch ein durch und durch unbekannter Werkstoff. Eine spezialisierte Ausbildung wurde nicht angeboten, hierfür fehlten sowohl das entsprechende Personal als auch die notwendigen Unterlagen.

Zusammen mit der Ingenieurschule Darmstadt und dem Institut für Kunststoffverarbeitung Aachen wurde damals ein erstes Seminar konzipiert mit praktischen Übungen für Professoren der Kunststofftechnik, aus dem dann in mehreren Stufen der Werkstoff-Führer Kunststoffe entstand.

Die damaligen Autoren waren alle keine ausgebildeten Kunststoff-Fachleute, die es damals noch nicht gab, sie mussten sich das Kunststoffwissen als ausgebildete Maschinenbauer oder Chemiker erst einmal selbst erarbeiten.

Die damals entwickelten Strukturen und Inhalte, die noch heute die Basis für das vorliegende Buch bilden, helfen sowohl dem Studierenden als auch dem interessierten Praktiker bei der systematischen Einarbeitung in den Werkstoff Kunststoff.

Die ursprünglichen Autoren dieses Buches (Erstaufgabe 1975) gehörten zu den Pionieren der 60er Jahre, denen wir heute ein umfangreiches Angebot von Literatur zu allen Aspekten der Kunststofftechnik verdanken und die Möglichkeit, an zahlreichen Hochschulen Kunststofftechnik zu studieren.

Die Autoren der neuen Auflage konnten von dieser Infrastruktur profitieren und haben das Fachwissen im Studium systematisch erworben, haben also einen ganz anderen Ausgangspunkt. Sie würdigen die Grundlagenarbeit der Vorgänger und werden versuchen, das bewährte Format aufrechtzuerhalten und Auflage für Auflage zu aktualisieren. Jetzt besteht die Aufgabe darin, das gesammelte Fachwissen ständig auf den neuesten Stand zu bringen und die nach wie vor gewaltige Innovationskraft der Branche entsprechend abzubilden.

So wurden in der vorliegenden Auflage alle Normbezüge aktualisiert, da viele Normen seit der letzten Auflage zum Teil deutlich überarbeitet oder sogar zurückgezogen wurden. Zudem findet in der Kunststoffbranche mehr noch als im Maschinenbau im Allgemeinen ein Übergang zu (DIN EN) ISO-Normen statt, was die starke internationale Ausrichtung der Kunststofftechnik unterstreicht. In speziellen Gebieten der Messtechnik wie der Wärmeleitfähigkeitsmessung und der Untersuchung der Kratzempfindlichkeit hat es neuere Entwicklungen gegeben, die nun in eigenen Abschnitten behandelt werden.

Die Ehre gebührt den Herren Gnauck, Hellerich, Haenle und Harsch, die vor einem halben Jahrhundert den Anfang gemacht haben. Wir danken aber auch dem Carl Hanser Verlag für die wie immer sehr gute und vertrauensvolle Zusammenarbeit und hier besonders Frau Wittmann für die Unterstützung. Nicht zuletzt gilt der Dank aber allen Lesern, für Ihr Interesse am Werkstoff Kunststoff und diesem Buch und dafür, dass durch ihr Zutun das Gebiet weiter spannend bleibt.

Erwin Baur,

Martin Moneke,

im August 2019

Vorwort zur 1. Auflage

Jeder Ingenieur und Techniker, der Kunststoffe als technische Werkstoffe einsetzen will, braucht einen schnellen Überblick über die Kunststoffarten und eine gute Vergleichsmöglichkeit der wichtigsten Eigenschaften. Diese Forderungen werden in dem vorliegenden Buch erreicht durch

- Angaben über Aufbau und Gefüge der wichtigsten Kunststoffe,
- Hinweise auf Hersteller und Handelsnamen,
- prägnante und übersichtliche Beschreibung der Eigenschaften,
- Erläuterung der Eigenschaften durch typische Anwendungsbeispiele,
- kurze Darstellung der speziellen Verarbeitungsbedingungen,
- Information über das Temperaturverhalten durch Schubmodul-Temperatur-Kurven,
- übersichtliche Darstellung der Kunststoff-Kennwerte in Bereichsdiagrammen,
- eine praxisnahe Methode zur schnellen Erkennung der Kunststoffart.

Da die ermittelten Kennwerte von der Prüfung abhängen, wurde jeweils das Prüfverfahren so umfassend beschrieben, dass die wichtigsten Prüfbedingungen und die Auswirkungen auf die Kennwerte erfasst sind.

Bei der gestrafften Darstellung der Kunststoffeigenschaften und der Prüfverfahren konnten jedoch nicht alle Variationsmöglichkeiten berücksichtigt werden. Zur weiteren Information, insbesondere über Handelsnamen und Hersteller, wird auf *Saechtling/Zebrowski: Kunststoff-Taschenbuch*, Carl Hanser Verlag München verwiesen. Weitere Angaben über die Abhängigkeit der Kunststoffeigenschaften von der Temperatur und von anderen Bedingungen können aus *Oberbach: Kunststoff-Kennwerte für Konstrukteure*, und *Schreyer: Konstruieren mit Kunststoffen*, beide Carl Hanser Verlag München entnommen werden. Außerdem wird auf Firmenveröffentlichungen über die einzelnen Kunststoffe verwiesen, die uns in dankenswerter Weise zur Verfügung gestellt wurden.

Genaue Angaben über die speziellen Prüfverfahren sind aus den jeweils aufgeführten DIN-Blättern ersichtlich. Eine wertvolle Ergänzung bietet *Haenle/Gnauck/Harsch: Praktikum der Kunststofftechnik*, Carl Hanser Verlag München, in dem

Grundlagen und Durchführung der Verarbeitung und Prüfung von Kunststoffen ausführlich dargestellt sind.

Durch die hier verwendete methodische Darstellung der Kunststoffe als technische Werkstoffe hinsichtlich Eigenschaften und Prüfung haben wir in der Ingenieurausbildung seit Jahren erreichen können, dass die Studenten einen schnellen und trotzdem gründlichen Überblick über die Kunststoffe bekommen und dadurch nur eine kurze Einarbeitungszeit in das Gebiet der Kunststofftechnik benötigen.

Nach diesen Erfahrungen erwarten wir, dass dieses Buch auch dem Praktiker seine Arbeit mit den Kunststoffen wesentlich erleichtern wird.

Wegen der schnellen Entwicklung auf dem Kunststoffgebiet wurden besondere Leerräume in den Tabellen und teilweise im Text zur laufenden Ergänzung vorgesehen.

Im August 1975

Die Verfasser

Inhalt

Die Autoren der 11. Auflage	V
Vorwort zur 11. Auflage	VII
Vorwort zur 1. Auflage	IX
TEIL I Aufbau und Verhalten von Kunststoffen	1
1 Grundlagen	3
1.1 Ausgangsstoffe, Kennzeichnung und Einteilung	3
1.2 Besonderheiten des Kohlenstoffatoms	4
1.3 Strukturen von Makromolekülen	6
2 Bildung von Makromolekülen	9
2.1 Bildungsreaktionen	9
2.2 Innere Kräfte in Molekülsystemen	13
2.3 Polymerisationsgrad, Vernetzungsgrad	15
3 Strukturen von thermoplastischen Kunststoffen	17
3.1 Orientierung von Makromolekülen	17
3.2 Kristallinität	18
3.3 Überstrukturen	20
4 Polymerkombinationen	21
4.1 Copolymerisation, Pfropfpolymerisation	21
4.2 Polymerblends, Polymerlegierungen, Kunststoffmischungen	22

5	Zusatzstoffe	25
5.1	Füllstoffe und Verstärkungsstoffe	26
5.2	Stabilisatoren	27
5.3	Farbmittel	28
5.4	Weichmacher und Flexibilisatoren	29
5.5	Flammschutzmittel	30
5.6	Leitfähige Zusatzstoffe	30
5.7	Treibmittel	31
6	Verhalten von Kunststoffen	33
6.1	Mechanisches Verhalten	34
6.2	Thermisches Verhalten	37
6.3	Elektrisches Verhalten	40
6.4	Verhalten gegen Umwelteinflüsse	40
6.5	Wasseraufnahme	41
6.6	Permeation	41
6.7	Reibung und Verschleiß	41
7	Verarbeiten von Kunststoffen	43
7.1	Urformen	43
7.1.1	Urformen von Thermoplasten	43
7.1.2	Urformen von Duroplasten	47
7.1.3	Urformen von Elastomeren	49
7.2	Umformen von Thermoplasten	49
7.3	Nachbehandlungen	51
7.4	Fügen	52
7.5	Oberflächenbehandlungen	53
7.6	Spangebende Bearbeitung	53
7.7	Schäumen	54
8	Kunststoffe – Umwelt und Recycling	55
	<i>Bearbeitet von Professor Dr. Georg Clauss, Hochschule Heilbronn</i>	
8.1	Kunststoffe und Umwelt	57
8.2	Kunststoff-Recycling und -Verwertung	58

8.3	Werkstoffliches Recycling	59
8.3.1	Definitionen beim werkstofflichen Kunststoff-Recycling	60
8.3.2	Voraussetzungen beim werkstofflichen Recycling	62
8.3.3	Notwendigkeiten beim werkstofflichen Recycling	64
8.4	Rohstoffliches Recycling von Kunststoffen	66
8.5	Energetische Verwertung	69
TEIL II Kunststoffe als Werkstoffe		71
9	Kennzeichnung und Normung von Kunststoffen	73
9.1	Allgemeine Kennzeichnung von Kunststoffen	74
9.2	Aufbau einer Normbezeichnung für thermoplastische Formmassen ..	79
9.3	Normung von Duroplasten	84
9.4	Kennzeichnung und Normung von Elastomeren	89
9.4.1	Kennzeichnung von vernetzten Elastomeren	89
9.4.2	Kennzeichnung von thermoplastischen Elastomeren TPE ...	91
10	Thermoplaste	93
10.1	Polyolefine	93
10.1.1	Polyethylen PE	93
10.1.1.1	Polyethylen-Spezialsorten	98
10.1.2	Polypropylen PP	102
10.1.2.1	Polypropylen-Spezialsorten	106
10.1.3	Spezielle Polyolefine	107
10.1.3.1	Polybuten-1 PB-1	108
10.1.3.2	Polymethylpenten PMP	109
10.2	Vinylchlorid-Polymerisate	110
10.2.1	Polyvinylchlorid PVC	110
10.2.2	Weichmacherfreies Polyvinylchlorid PVC-U (Hart-PVC)	112
10.2.3	Polyvinylchlorid mit Weichmacher PVC-P (Weich-PVC)	115
10.3	Styrol-Polymerisate	118
10.3.1	Polystyrol PS	119
10.3.2	Schlagzäh modifiziertes Polystyrol PS-I (Styrol-Butadien SB)	122
10.3.3	Styrol-Acrylnitril-Copolymerisat SAN	125
10.3.4	Acrylnitril-Butadien-Styrol-Polymerisate ABS	127
10.3.5	Schlagzähe Acrylnitril-Styrol-Formmassen ASA, AEPDS, ACS	130

10.4	Celluloseester CA, CP, CAB	133
10.5	Polymethylmethacrylat PMMA	136
10.6	Polyamide PA	141
10.7	Polyoxymethylene (Polyacetale) POM	151
10.8	Thermoplastische Polyester TP (Polyalkylenterephthalate) PET, PBT	155
10.9	Polycarbonat PC	160
10.10	Modifizierte Polyphenylether PPE	165
10.11	Aliphatische Polyketone(PK)	169
11	Spezielle Kunststoffe zum Einsatz bei höheren Temperaturen (Hochleistungskunststoffe)	171
11.1	Polyarylsulfone PSU, PES	172
11.2	Polyphenylsulfid PPS	175
11.3	PI, PEI, PAI	178
11.4	Polyaryletherketone PAEK (PEK, PEEK)	181
11.5	Polyphthalamid (PPA)	183
11.6	Fluorhaltige Polymerisate	185
11.6.1	Polytetrafluorethylen PTFE	185
11.6.2	Fluorhaltige Thermoplaste	189
12	Duroplaste	193
12.1	Phenoplaste PF	194
12.2	Aminoplaste MF, MP, UF	200
12.3	Ungesättigte Polyesterharze UP	205
12.4	Epoxidharze EP	210
12.5	Sonderharze	215
12.5.1	Siliconharzmassen SI	215
12.5.2	Diallylphthalat DAP/Polydiallylphthalat PDAP	215
12.5.3	Poly-DCPD-Harze	216
12.5.4	Vinylesterharze (VE-Harze)	216
12.5.5	PUR-Gießharze	216
13	Verbundsysteme	219
13.1	Faser-Kunststoff-Verbunde	219
13.1.1	Faserwerkstoffe, Faserprodukte	220
13.1.2	Besonderheiten bei Faser-Verbundsystemen	222

13.1.3	Verarbeitungstechniken für Reaktionsharzmassen mit Faserverstärkungen	224
13.1.4	Thermoplast-Faserverbundsysteme	225
13.2	Polymerblends (siehe auch Abschn. 4.2)	227
14	Elastomere	229
14.1	Vernetzte Elastomere (Gummiwerkstoffe)	229
14.2	Thermoplastische Elastomere TPE	234
14.2.1	Polyurethan-Elastomere PUR, TPU	236
14.2.2	Polyetheramide TPA	240
14.2.3	Polyesterelastomere TPC	241
14.2.4	Elastomere auf Polyolefinbasis (siehe auch Abschnitt 10.1) ..	243
14.2.4.1	Ethylen-Vinylacetat-Copolymere EVAC	243
14.2.4.2	Olefin-Elastomere TPO, TPV	244
14.2.5	Styrolcopolymerer TPS	245
15	Schaumstoffe, geschäumte Kunststoffe	247
15.1	Harte Schaumstoffe; harte Struktur- bzw. Integral-Schaumstoffe	251
15.2	Weichelastische Schaumstoffe; weichelastische Struktur- bzw. Integral-Schaumstoffe	254
16	Sonderpolymere	257
16.1	LC-Polymere	257
16.2	Elektrisch leitfähige Polymere	259
16.3	Biopolymere – Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen	260
16.4	Anmerkung	264
TEIL III	Prüfung von Kunststoffen, Kennwerte	265
17	Auswertung von Prüfergebnissen	267
18	Einfache Methoden zur Erkennung der Kunststoffart	271
19	Physikalische Untersuchungsmethoden zum Erkennen der Kunststoffart	275
19.1	Dichtebestimmung	275
19.1.1	Bestimmung der Dichte nach der Auftriebsmethode (Verfahren A)	276

19.1.2	Bestimmung der Dichte durch Eingrenzen in Prüfflüssigkeiten (Verfahren C)	277
19.1.3	Bestimmung der Dichte von Schaumstoffen aus Kautschuk und Kunststoffen	277
19.2	Bestimmung des Gehalts an Füll- und Verstärkungsstoffen	278
19.2.1	Bestimmung des Gehalts an anorganischen Füllstoffen	278
19.2.2	Ermittlung des Glasfasergehalts und des Gehalts anderer mineralischer Füllstoffe aus den Dichtewerten	282
19.3	Thermische Analysenverfahren	283
19.4	Infrarot-Spektroskopie	288
19.5	Gel-Permeations-Chromatographie GPC	290
20	Datenkatalog für Prüfungen, Herstellungsbedingungen für Probekörper, Prüfverfahren zur Ermittlung von Werkstoffkennwerten	293
20.1	Datenbank CAMPUS	294
20.2	Herstellbedingungen für Probekörper und Prüfbedingungen	296
21	Mechanische Prüfungen	305
21.1	Zugversuch	305
21.2	Druckversuch	323
21.3	Biegeversuch	330
21.4	Versuche zur Bestimmung dynamisch-mechanischer Eigenschaften – Torsionsschwingungsversuch	338
21.5	Härteprüfung	347
21.5.1	Härteprüfung durch Kugeleindruckversuch	348
21.5.2	Härteprüfung nach Rockwell	353
21.5.3	Härteprüfung nach Shore	354
21.6	Kratzprüfung	356
21.6.1	Kratzeigenschaften von Kunststoffen	357
21.6.2	Bestimmung der Kratzbeständigkeit	358
21.6.3	Gitterschnittprüfung	359
21.6.4	Ritzhärteprüfung mit Ring- oder Schleifenstichel	360
21.6.5	Ritzhärteprüfung mit Bleistiften	361
21.6.6	Waschanlagenprüfung	362
21.7	Schlagversuche	363
21.7.1	Schlagbiegeversuche nach Charpy	365
21.7.1.1	Schlagbiegeversuche nach DIN EN ISO 179-1	365

21.7.1.2	Instrumentierte Schlagzähigkeitsprüfung DIN EN ISO 179-2	370
21.7.2	Schlagbiegeversuche nach Izod	381
21.7.3	Schlagzugversuch	383
21.8	Zeitstandversuch	386
21.9	Zeitschwingversuch	400
21.10	Reibungs- und Verschleißverhalten	408
22	Thermische Prüfungen	411
22.1	Formbeständigkeit in der Wärme	411
22.1.1	Wärmeformbeständigkeitstemperatur T_f	411
22.1.2	Vicat-Erweichungstemperatur VST	416
22.2	Verhalten von Kunststoffen bei Temperatureinwirkung	420
22.3	Gebrauchstemperaturbereiche	423
22.4	Wärmeleitfähigkeit	427
22.4.1	Transientes Flächenquellenverfahren (Hot-Disk-Methode) ..	432
22.4.2	Laserblitzverfahren	432
22.5	Thermischer Längenausdehnungskoeffizient	433
23	Brennverhalten von Kunststoffen	439
23.1	Prüfung zur Ermittlung der Brandgefahr nach DIN EN 60695	443
23.1.1	Brandprüfung nach DIN EN 60695 Verfahren A - Horizontalbrennprüfung	445
23.1.2	Brandprüfung nach DIN EN 60695 Verfahren B - Vertikalbrennprüfung	447
23.1.3	Brandprüfung nach DIN EN 60695-11-20	448
23.1.4	Anmerkung zur Ermittlung des Brennverhaltens	448
23.2	Brennbarkeitsprüfungen nach UL	451
23.3	Bestimmung des Brennverhaltens durch den Sauerstoff-Index	453
24	Elektrische Prüfungen	455
24.1	Elektrische Spannungs- und Widerstandswerte	456
24.1.1	Elektrische Durchschlagspannung, elektrische Durchschlagfestigkeit	457
24.1.2	Durchgangswiderstand, spezifischer Oberflächenwiderstand, Isolationswiderstand	461
24.2	Dielektrische Eigenschaftswerte	471
24.3	Kriechwegbildung (Kriechstromfestigkeit)	478

25	Optische Prüfungen	481
25.1	Brechzahl	481
25.2	Lichtdurchlässigkeit	483
26	Wasseraufnahme und Permeation	489
26.1	Wasserdampf- und Gasdurchlässigkeit (Permeation)	490
26.2	Bestimmung der Wasseraufnahme	493
26.3	Konditionieren	497
27	Schwindung, Schrumpfung	499
27.1	Schwindung	499
27.2	Schrumpfung	505
28	Chemische Beständigkeit von Kunststoffen	507
29	Viskositätsmessungen	511
29.1	Viskositätsmessungen an Thermoplasten	511
29.1.1	Bestimmung von Schmelze-Massefließrate und Schmelze- Volumenfließrate (früher Schmelzindex und Volumen- Fließindex)	512
29.1.2	Rheometrie – Aufnahme von Fließkurven	515
29.1.3	Aufnahme von pVT -Diagrammen	517
29.1.4	Bestimmung der Viskositätszahl von Thermoplasten in verdünnter Lösung	520
29.2	Fließ-Härtungsverhalten von härtbaren Formmassen	523
29.2.1	Bestimmung der Schließzeit von härtbaren Formmassen (PMC)	523
29.2.2	Bestimmung des Fließ-Härtungsverhaltens von rieselfähigen duroplastischen Formmassen (PMC)	524
29.2.3	Bestimmung des Härungsverhaltens faserverstärkter härtpbarer Kunststoffe	527
29.2.3.1	Verfahren I	527
29.2.3.1	Verfahren II	529
29.2.4	Bestimmung der Fließfähigkeit, Reifung und Gebrauchsdauer faserverstärkter, härtpbarer Kunststoffe	531
29.2.4.1	Verfahren I	531

30	Materialeingangsprüfungen	535
30.1	Bezeichnung von Formmassen	535
30.2	Erkennen der Kunststoffart	535
30.3	Viskositätsmessungen	536
30.4	Korngröße, Kornform	536
30.5	Schüttdichte und Stopfdichte	537
30.6	Rieselfähigkeit	539
30.7	Feuchtegehalt, Flüchte	539
31	Prüfung von Kunststoff-Formteilen	541
31.1	Zusammenstellung von Formteilprüfungen	541
31.1.1	Prüfung des Formstoffs im Formteil	541
31.1.2	Prüfung des ganzen Formteils	543
31.1.3	Gebrauchsprüfungen des Formteils	544
31.2	Ermittlung von Eigenspannungen	545
31.2.1	Warmlagerungsversuch	546
31.2.2	Spannungsrissverhalten von Thermoplasten	548
31.2.2.1	Beurteilung des Spannungsrissverhaltens durch Zeitstandzugversuch	552
31.2.2.2	Beurteilung des Spannungsrissverhaltens im Biegestreifenverfahren	554
31.2.2.3	Beurteilung des Spannungsrissverhaltens durch Kugel- oder Stifteindrückverfahren	557
31.2.2.4	Bell-Telephone Test	561
31.3	Mikroskopische Untersuchungen	561
31.3.1	Präparation für Durchlichtuntersuchungen	562
31.3.1.1	Herstellung von Dünnschnitten	562
31.3.1.2	Herstellung von Dünnschliffen	563
31.3.2	Präparation für Auflichtuntersuchungen	564
31.3.3	Mikroskopierverfahren	564
31.3.3.1	Beurteilung von teilkristallinen Thermoplasten	565
31.3.3.2	Beurteilung der Füllstoffverteilung in Kunststoff-Formteilen	567
31.3.4	Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen	568
31.4	Stoßversuche	569
31.4.1	Nichtinstrumentierter Schlagversuch DIN EN ISO 6603-1 (Fallbolzenversuch)	570
31.4.2	Instrumentierter Schlagversuch DIN EN ISO 6603-2 (Durchstoßversuch)	572

31.4.3	Vergleich von Ergebnissen aus Fall- und Durchstoßversuchen	572
31.5	Farbbeurteilung	574
31.5.1	Farbarmusterung nach DIN 6173	576
31.5.2	Farbmessungen	576
31.6	Bewitterungsversuche	578
31.6.1	Bewitterung in Naturversuchen (Freibewitterung)	579
31.6.2	Bewitterung in Kurzprüfungen	580
TEIL IV	Anhang	581
32	Größen, Einheiten, Umrechnungsmöglichkeiten	583
33	Literaturhinweise	587
34	Fachverbände und Fachorganisationen	591
35	Hersteller und Lieferanten von Kunststoffen	595
36	Prüfgeräte- und Prüfmittelhersteller	601
Index	605

1

Grundlagen

■ 1.1 Ausgangsstoffe, Kennzeichnung und Einteilung

Kunststoffe sind hochmolekulare Werkstoffe (Polymere), die heute noch überwiegend auf Erdölbasis hergestellt werden. *Biopolymere* (s. Abschnitt 16.3) auf der Basis nachwachsender Rohstoffe, auch als technische Kunststoffe, finden immer mehr Anwendung.

Kunststoffe ist ein Sammel- oder Überbegriff für

- Thermoplaste und thermoplastische Elastomere,
- Duroplaste,
- Elastomere.

Ausgangsstoffe für Kunststofferzeugnisse sind Erdöl, Erdgas und Kohle als Träger von Kohlenstoff C, sowie Wasserstoff H, Sauerstoff O und Stoffe, die Stickstoff N, Chlor Cl, Schwefel S und Fluor F enthalten. Als Ausgangsstoff kommen heute teilweise auch schon Pyrolyseöle aus Recyclinganlagen zur Anwendung.

Vielfältige Variationsmöglichkeiten bei der Herstellung von Kunststoffen ergeben große Verschiedenartigkeit der entstehenden Kunststoffe als Homopolymerisate, Copolymerisate, Pfropfpolymerisate, Polymergemische (Polymerlegierungen, Polymerblends), vernetzte Systeme.

Die Eigenschaften der Kunststoffe ergeben sich aus dem *chemischen Aufbau* („Bausteine“) und der *physikalischen Struktur*, z. B. lineare oder verzweigte Kettenmoleküle, weit- oder engmaschig vernetzte Raummoleküle.

Kunststoffe bringen gegenüber anderen Werkstoffgruppen z. T. völlig neue Eigenschaften mit, die eine Verwirklichung bestimmter technischer Probleme erst ermöglichen, z. B. in Form von *Schnappverbindungen*, *Federelementen*, *Filmscharnieren*, *Strukturschäumen*, *speziellen Gleitelementen*, *schmierungsfreien Lagern* oder bei der *integralen Fertigungmehrfunktionaler Formteile*.

Die *Kennzeichnung* von Kunststoffen und ihre *Normung* ist wegen der großen Vielfalt, der besonderen Eigenschaften und Verarbeitungseinflüsse anders als bei Metallen:

- International verständliche Kurzzeichen nach DIN EN ISO 1043, DIN 16780, z. B. PE, PA, PC, PF, EP (vgl. Kap. 9)
- Neues Ordnungssystem für Kunststoffe, wie es in den Formmassenormen nach DIN EN ISO enthalten ist (vgl. Kap. 9).

Biopolymere (siehe Abschnitt 16.3) oder Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen sind noch nicht genormt.

Gummiwerkstoffe (Elastomere) werden häufig nicht zu den Kunststoffen gezählt, obwohl sie überwiegend ebenfalls synthetisch hergestellt werden. Der Aufbau von Gummimischungen und die Verarbeitung unterscheiden sich wesentlich von der für Kunststoffe üblichen Technik (siehe Abschnitt 14.1).

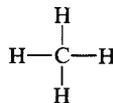
Silicone sind ebenfalls hochmolekulare Verbindungen mit Siliziumketten und organischen Seitengruppen. Sie kommen vor als hochvernetzte Duroplaste (Abschnitt 12.5) oder Elastomere (Abschnitt 14.1).

■ 1.2 Besonderheiten des Kohlenstoffatoms

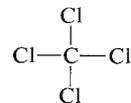
Ein Kohlenstoffatom kann mit allen vier Wertigkeiten Bindungen eingehen (Elektronenpaarbindung), z. B. mit Wasserstoff H (Kohlenwasserstoffe), Chlor Cl und anderen Elementen, sowie organischen Molekülresten.



Kohlenstoff C ist vierwertig

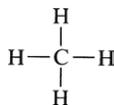


Methan

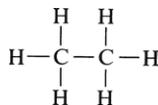


Tetrachlorkohlenstoff

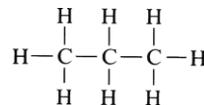
Kohlenstoff C kann mit sich selbst unter *Kettenbildung* Bindungen eingehen. Es entstehen dann *kettenförmige, aliphatische* Kohlenwasserstoffe $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ (Alkane). Solche *gesättigten* Kohlenwasserstoffe sind *reaktionsträge*.



Methan



Ethan

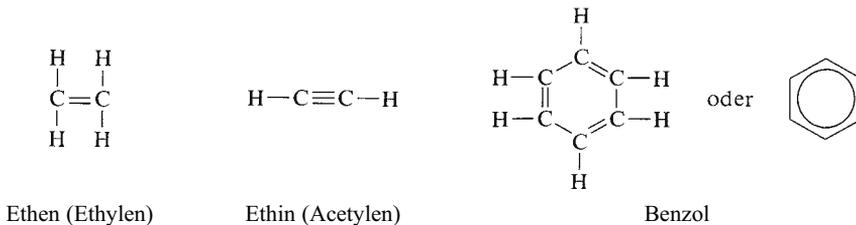


Propan usw.

Unter Normalbedingungen sind die gesättigten Kohlenwasserstoffe bis C_4H_{10} *gasförmig*, ab C_5H_{12} *flüssig* und ab $C_{16}H_{34}$ *fest* (Paraffine). Daraus erkennt man, dass die *Kettenlänge* entscheidend ist für das Verhalten der Moleküle. Allerdings kommt man erst bei sehr großen Kettenlängen zu technisch brauchbaren, festen Stoffen, den *Kunststoffen* als *technischen Werkstoffen*.

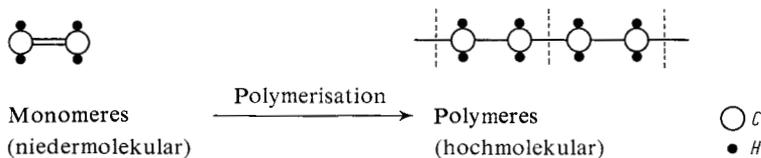
Kohlenstoffatome können mit sich selbst auch Mehrfachbindungen eingehen zu ungesättigten, reaktionsfreudigen Verbindungen mit Doppelbindungen (Alkene) oder Dreifachbindungen (Alkine).

Aromaten sind *ringförmige* Kohlenwasserstoffe, z. B. Benzol C_6H_6 .



Bei den *Kohlenwasserstoffen* kann der Wasserstoff durch andere Elemente (Cl, F) oder organische Molekülreste ($-\text{CH}_3$, $-\text{CN}$ usw.) ersetzt (substituiert) werden.

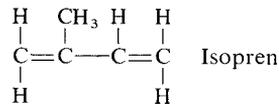
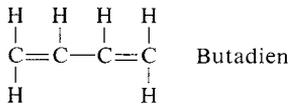
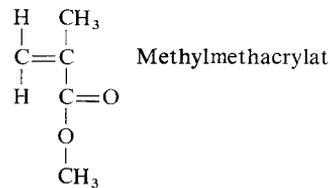
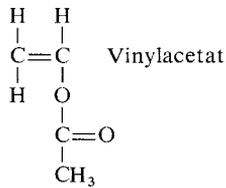
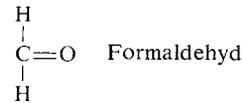
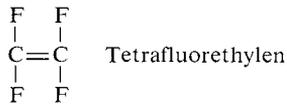
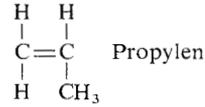
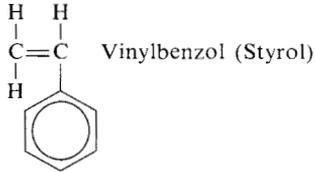
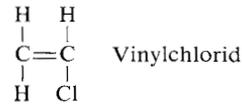
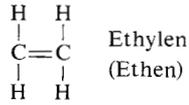
Bei den Molekülen mit Doppelbindungen, die sehr *reaktionsfreudig* sind, werden Reaktionen möglich, die zu *Makromolekülen* führen (Abschnitt 2.1).



Durch die Vielfalt der Ausgangsmoleküle (Bausteine) sind sehr große *Variationsmöglichkeiten* bei der Bildung und beim Aufbau von Makromolekülen mit den unterschiedlichsten Eigenschaften gegeben. Das ergibt die Vielfalt der herzustellenden Kunststoffe als „Werkstoffe nach Maß“.

Sind in einem Monomer mehr als eine Doppelbindung enthalten (Isopren, Butadien, ungesättigte Polyester UP), so ist eine *Vernetzung*, d. h. eine echte chemische Bindung zwischen den Makromolekülen möglich. Je nach Anzahl der Vernetzungspunkte ergeben sich weich- bis hartelastische Elastomere bzw. Duroplaste.

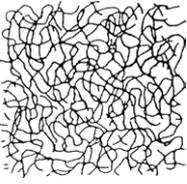
Wichtige Ausgangsstoffe (Monomere) für die Kunststoffherzeugung sind (Auswahl):



■ 1.3 Strukturen von Makromolekülen

Hochmolekulare Stoffe enthalten bei den Thermoplasten Kettenmoleküle mit bis zu 10^6 Atomen. Bei eng vernetzten Duroplasten und lose vernetzten Elastomeren kann man nur noch von einem einzigen „Riesenmolekül“ sprechen.

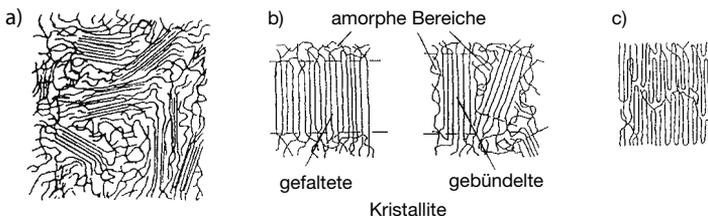
Amorphe Thermoplaste (Bild 1.1) bestehen aus langen Kettenmolekülen, die sich bei ihrer Bildung ineinander verschlingen und verfilzen. Die „gestreckte“, mittlere Kettenlänge beträgt ca. 10^{-10} mm bis 10^{-3} mm bei einer „Dicke der Kette“ von ca. $0,3 \cdot 10^{-6}$ mm.

**Bild 1.1**

Molekülanordnung in amorphen Thermoplasten (schematisch)

Amorphe Thermoplaste kristallisieren wegen ihres unsymmetrischen Aufbaus bzw. großen Seitengruppen nicht, sie sind daher i. A. glasklar, wenn sie nicht modifiziert sind. Sie haben deshalb meist gute optische Eigenschaften und weisen geringe Verarbeitungsschwindung auf. Die *Einsatztemperaturbereiche* von amorphen Thermoplasten liegen unterhalb der *Glasübergangstemperatur* T_g (Einfrieretemperatur), vgl. Abschnitt 6.2 und 21.4. Weil Fadenmoleküle ohne chemische Bindungen untereinander vorliegen, können amorphe Thermoplaste nach allen „thermoplastischen“ Verarbeitungsverfahren wie Spritzgießen, Extrudieren, Warmumformen und Schweißen ver- bzw. bearbeitet werden. Ausnahmen sind sehr hochmolekulare Kunststoffe wie z. B. formpolymerisiertes („gegossenes“) PMMA.

Teilkristalline Kunststoffe (Bild 1.2) haben teilweise besonders geordnete Molekülbereiche, die als *kristalline* Bereiche bezeichnet werden. Solche Ordnungszustände sind möglich z. B. bei symmetrischem und weitgehend linearem Molekülaufbau wie z. B. bei PE-HD (Bild 1.2). Durch die Kristallisation sind teilkristalline Thermoplaste i. A. opak. Mit zunehmender Kristallinität nimmt die Transparenz ab. Die Verarbeitungsschwindung ist höher als bei amorphen Thermoplasten. Die *Einsatztemperaturbereiche* liegen zwischen der Glasübergangstemperatur T_g und der Kristallitschmelztemperatur T_m . Verarbeitungsmöglichkeiten wie bei amorphen Thermoplasten; jedoch haben die Abkühlungsbedingungen (z. B. die Werkzeugtemperatur) großen Einfluss auf die Eigenschaften wegen unterschiedlicher Kristallinität und Nachkristallisation.

**Bild 1.2** a) Molekülanordnung in teilkristallinen Thermoplasten (schematisch)

b) gefaltete und gebündelte Kristallite

c) gerichtete Kristallitstruktur nach dem Verstrecken

Die Eigenschaften von Thermoplasten sind abhängig vom chemischen Aufbau der Grundbausteine, von der Kettenlänge, der Kristallinität, und den Kräften zwischen

den Molekülketten (ZMK: Zwischenmolekulare Kräfte, Nebervalenzen), siehe Abschnitt 2.2.

Elastomere (Bild 1.3) bestehen meist aus weitmaschig vernetzten Kettenmolekülen (Hauptvalenzbindungen). Die Anzahl der Verknüpfungspunkte ist abhängig von der Anzahl an multifunktionellen Gruppen in den Ausgangsmonomeren und beeinflusst die Elastizität. Die weitmaschige Vernetzung erfolgt bei der Formgebung; ein Warmumformen und Schweißen ist nachträglich nicht mehr möglich. *Thermoplastische Elastomere TPE* (Abschnitt 14.2) sind *physikalisch vernetzt* und deshalb wie Thermoplaste zu verarbeiten.



Bild 1.3

Molekülanordnung in weitmaschig vernetzten Elastomeren (schematisch)

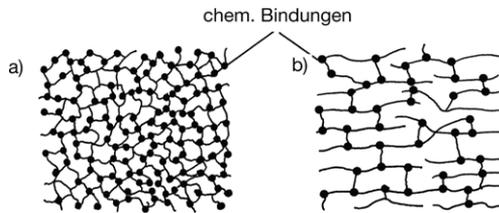


Bild 1.4 Molekülanordnung in eng vernetzten Duroplasten (schematisch)

- a) Vernetzung von „Einzelbausteinen“ bei duroplastischen Formmassen
b) Quervernetzung von Ketten bei UP-Gießharzen

Duroplaste (Bild 1.4) bestehen aus engmaschig, räumlich vernetzten Molekülstrukturen. Die Vernetzung erfolgt bei der Formgebung; diese Werkstoffe sind dann nach der Formgebung nicht mehr schmelzbar und daher nicht schweißbar und nur noch spanend bearbeitbar. Duroplaste werden meist durch Gießen, Laminieren, Pressen und Spritzgießen verarbeitet. Die *Einsatztemperaturbereiche* sind wegen der Vernetzung höher als bei Thermoplasten.

3

Strukturen von thermoplastischen Kunststoffen

■ 3.1 Orientierung von Makromolekülen

Im normalen Zustand liegen die Ketten- oder Makromoleküle von *amorphen* Thermoplasten im ungeordneten, verknäuelten Zustand (Bild 1.1) vor, z.B. bei PS, PMMA, PC.

Bei der *Verarbeitung* der Thermoplaste kann durch hohe Scherbeanspruchung in einer zähflüssigen Schmelze eine Ausrichtung der Makromoleküle erfolgen. Dies spielt eine Rolle beim Extrudieren mit nachfolgendem Abkühlen und ggf. mechanischem Verstrecken. Beim Spritzgießen sind die *Orientierungen* abhängig von *Masstemperatur*, *Einspritzgeschwindigkeit* und *Werkzeugtemperatur*; sie sind unterschiedlich groß über den Querschnitt der Wanddicke eines Formteils. Besonders hoch sind die Orientierungen am Anguss und in der Außenschicht von Spritzgussteilen, weil an der kälteren Werkzeugwand eine höhere Scherbeanspruchung und damit stärkere Orientierungen der Makromoleküle erfolgt, die dort dann auch schneller eingefroren werden. Orientierungen wirken sich aus durch richtungsabhängige Eigenschaften (Anisotropie), z. B. höhere Zugfestigkeit und Schlagzähigkeit in Orientierungsrichtung. Orientierungen können nachgewiesen werden durch die *Schrumpfung* nach Warmlagerung oder bei glasklaren Formteilen durch Betrachtung im polarisierten Licht (Abschnitt 31.2).

Bei zähen Thermoplasten kann durch starke mechanische Verformung eine gewisse Orientierung der Makromoleküle erreicht werden, z. B. biaxiales Recken von Folien oder *Verstrecken* von Fasern und Bändern aus PE, PP, PA und linearen Polyestern.

■ 3.2 Kristallinität

Je nach Aufbau der Makromoleküle ist eine mehr oder weniger starke, parallele Ausrichtung (kristalline Bereiche) der Makromoleküle möglich, daneben liegen aber auch noch ungeordnete (amorphe) Bereiche vor; auch eine Faltungskristallisation kann auftreten (Bilder 3.1 und 1.2c).

Maßgebend für die Kristallisation ist neben dem *Aufbau* und der *Länge* der Makromoleküle auch die *Kristallkeimbildungs-* und *Kristallwachstumsgeschwindigkeit*.

Die Kristallinität wird *erhöht* durch:

- langsame Abkühlung der Schmelze (z. B. hohe Werkzeugtemperatur beim Spritzgießen)
- Zugabe von Keimbildnern (Nukleierungsmittel)
- symmetrischen oder isotaktischen Bau der Makromoleküle
- niedrige molare Masse (kurze Ketten)
- mechanisches Verstrecken.

Niedrige Kristallinität ergibt sich durch:

- schnelle Abkühlung der Schmelze (durchsichtige Flaschen aus PET)
- unsymmetrischen Aufbau der Makromoleküle (verzweigte Makromoleküle oder ataktischer Aufbau der Makromoleküle, große Seitenketten)
- hohe molare Masse (Verschlingung infolge langer Ketten)
- Vernetzung.

Durch *Erhöhung* der Kristallinität

nehmen zu: *nehmen ab:*

- | | |
|----------------|-----------------------|
| ■ Dichte | ■ Verformungsvermögen |
| ■ Festigkeit | ■ Transparenz |
| ■ Steifigkeit. | |

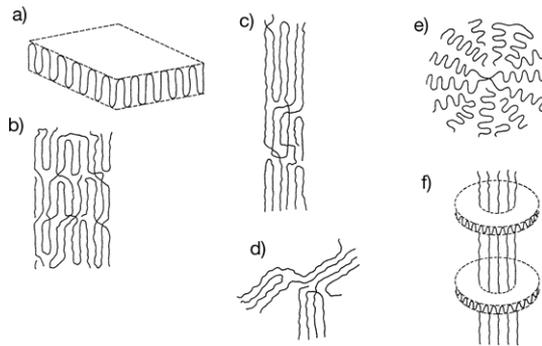


Bild 3.1 Kristallstrukturen in Polymeren (schematisch)

- a) Einkristall
- b) Kristalllamellen
- c) Fibrillen
- d) Fransenmizellen
- e) Sphärolithe
- f) Shish-Kebab-Struktur

Bei teilkristallinen Kunststoffen sind die kristallinen Bereiche *steif*, die amorphen dagegen *beweglicher* („amorphe Gelenke“). Beim Erwärmen schmelzen die Kristallite bei Erreichen des *Kristallitschmelzpunktes* T_m auf.

Bei der Verarbeitung von teilkristallinen Thermoplasten werden je nach Verarbeitungsbedingungen unterschiedliche *Kristallinitätsgrade* erreicht. Tabelle 3.1 zeigt maximal erreichbare Kristallinitätsgrade; man kann dabei die Auswirkungen des unterschiedlichen Aufbaus von Makromolekülen (linear, verzweigt, isotaktisch usw.) erkennen.

Kristallisation tritt hauptsächlich bei (teilkristallinen) Thermoplasten auf, kann aber auch bei weitmaschig vernetzten Elastomeren zwischen den Vernetzungspunkten vorkommen, was aber i. A. nicht erwünscht ist (Versprödung von Gummi bei tiefen Temperaturen). Engmaschig vernetzte Duroplaste weisen keine Kristallinität auf.

Tabelle 3.1 Kristallinitätsgrade verschiedener teilkristalliner Thermoplaste

Kunststoff		erreichbarer Kristallinitätsgrad in %
lineares Polyethylen	PE-HD	70 bis 80
verzweigtes Polyethylen	PE-LD	45 bis 55
isotaktisches Polypropylen	PP	60 bis 70
Polyamide	PA	bis 60
Polybutylenterephthalat	PBT	bis 50
Polyacetal/Polyoximethylen	POM	bis 70

Bei *flüssigkristallinen LC-Polymeren* (Abschnitt 16.1) ist eine Verknäuelung der Makromoleküle wegen stäbchenförmigem Molekülaufbau nicht möglich, sodass eine starke molekulare Orientierung vorliegt, z. B. bei Aramidfasern. Solche Kunststoffe haben sehr hohe Festigkeits- und Steifigkeitseigenschaften sowie hohe Einsatztemperaturbereiche.

■ 3.3 Überstrukturen

Bei teilkristallinen Kunststoffen gibt es zwei Ordnungsstufen (vgl. auch Bild 3.1):

- Ordnung von Makromolekülen zu kristallinen Bereichen
- Übermolekulare Ordnungen, d. h. sog. Überstrukturen oder Sphärolithe.

Sphärolithe entstehen in der Schmelze aus Kristallkeimen bei langsamer Abkühlung. Die Größe der Sphärolithe beträgt 5 µm bis 100 µm, abhängig von den *thermischen Bedingungen* der Schmelze, wie Massetemperatur und Abkühlungsgeschwindigkeit, sowie von der *Keimzahl* (Verunreinigungen oder Nukleierungsmittel als Keimbildner).

Während man die kristallinen Bereiche lichtmikroskopisch nicht erkennen kann, stellen sich die *Sphärolithe* durch Betrachten von *Dünnschnitten* mit einer Dicke von etwa 10 µm im Lichtmikroskop unter polarisiertem Licht dar; dabei sind z. B. bei nicht nukleiertem PA sog. *Sphärolithenkreuze* erkennbar. Darstellung der Präparations- und Auswertetechnik für lichtmikroskopische Untersuchungen an teilkristallinen Thermoplasten, siehe Abschnitt 31.3.

Das Gefüge von Spritzgussteilen aus teilkristallinen Kunststoffen ist meist nicht einheitlich wegen ungleicher Abkühlung. Am Rand treten meist, je nach Abkühlbedingungen, *keine* bis *sehr kleine* Sphärolithe auf; gegen den Kern werden die Sphärolithe größer. Grobe Sphärolithe ergeben spröderes Gefüge aber ggf. höheren Verschleißwiderstand. Bei einem Bruch verlaufen die Risse dann entlang der Sphärolithgrenzen oder aber längs der Sphärolithradialen.

PA 6 zeigt typische Sphärolithenkreuze; POM dagegen „fasrige“ Sphärolithe (Dendriten), teilweise senkrecht zum Rand ausgerichtet (Abschnitt 31.3). Bei PE-HD und PBT lassen sich ebenfalls Sphärolithstrukturen nachweisen.

5

Zusatzstoffe

In Kunststoffen sind bereits durch die Herstellung Stoffe, wie z. B. Emulgatoren und Katalysatoren in kleinen Mengen enthalten. Bei der Konfektionierung (Compoundierung) der Kunststoffe zu verarbeitungsfähigen *Formmassen* und *Granulaten* werden üblicherweise *Zusatzstoffe* in bestimmten Mengen als *Verarbeitungshilfen* und zur *Eigenschaftsänderung* zugegeben:

- Füll- und Verstärkungsstoffe zur gezielten Eigenschaftsverbesserung
- *Stabilisatoren* gegen thermische Schädigungen bei der Verarbeitung und als Alterungs- und UV-Schutz im Gebrauch
- *Gleitmittel* als Verarbeitungshilfen bei Thermo- und Duroplasten
- Farbmittel zur Einfärbung
- *Nukleierungsmittel* zur Verbesserung der Kristallisation bei teilkristallinen Thermoplasten und dadurch zur Verkürzung der Zykluszeit
- Weichmacher und Flexibilisatoren zur Erhöhung der Schlagzähigkeit
- Flammenschutzmittel zur Reduzierung der Entflammbarkeit
- leitfähige Zusatzstoffe, z. B. Ruße zur Verminderung der Widerstandswerte
- *Antistatika* gegen elektrostatische Aufladung
- Festschmierstoffe zur Verbesserung der Gleiteigenschaften
- Treibmittel zur Schaumstoffherstellung
- *Haftvermittler* zur Verbesserung der Haftung zwischen Kunststoff und Verstärkungsstoffen
- *Antibakterielle* und *antifungizide* Zusätze
- Sauerstoffabsorber für Lebensmittelverpackungen.

■ 5.1 Füllstoffe und Verstärkungsstoffe

Normen

DIN 55625	Füllstoffe für Kunststoffe
DIN EN 12971	Verstärkungen – Spezifikationen für geschnittene Textilglasgarne
DIN EN 13002	Kohlenstoff-Filamentgarne
DIN EN 13003	Para-Aramid-Filamentgarne
DIN EN 13417	Verstärkung – Spezifikation für Gewebe T1: Bezeichnung T2: Prüfverfahren und allgemeine Anforderungen T3: Besondere Anforderungen
DIN EN 13677	Verstärkte Thermoplast-Formmassen – Spezifikation für GMT
DIN EN 14118	Verstärkungsprodukte – Spezifikation für Textilglasmatten (Glasseiden- und Endlosmatten) T1: Bezeichnung T2: Prüfverfahren und allgemeine Anforderungen T3: Besondere Anforderungen
DIN EN ISO 10618	Kohlenstofffasern – Bestimmung des Zugverhaltens eines harzprägnierten Garns

Füllstoffe sind kleine Partikel, kurze oder lange Fasern, Kugeln aus *organischen* (Zellulose, Holzmehl, Sisal- und Kokosfasern) oder *anorganischen* (Gesteins- und Mineralmehle, Kreide, Talkum, Glaskugeln) Stoffen (siehe auch DIN 55625). Sie dienen bei *Duroplasten* als Streckmittel zur Harzeinsparung, zur Verbesserung der Oberflächengüte, zur Verminderung der Sprödigkeit und zur Erhöhung der Steifigkeit. Bei *Thermoplasten* dienen sie ebenfalls zur Streckung, zur Veränderung der mechanischen Eigenschaften und zur Reduktion der Schwindung. Graphit, MoS₂ und PTFE dienen bei Thermoplasten zur Verbesserung des *Gleitverhaltens*. Je nach Gehalt der Füllstoffe und in Abhängigkeit vom Verarbeitungsverfahren kann in Formteilen ungleichmäßige Verteilung und damit *Anisotropie* auftreten. Bei klassischen *Elastomeren* sind Füllstoffe wie Gasruß, Kreide, Kaolin zur Verbesserung der Eigenschaften erforderlich (Abschnitt 14.1).

Verstärkungsstoffe sind längere Fasern oder Faserprodukte in Form von Geweben, Matten, Vliesen oder Rovings (siehe Kap. 13). Tabelle 13.1 zeigt mechanische Eigenschaften einiger wichtiger Verstärkungsfasern.

Bei *Duroplasten* werden den Formmassen kurze Fasern (Glas, Textil) sowie Gewebeschnitzel zugegeben. Sie dienen der Erhöhung von Festigkeit, Steifigkeit und Wärmestandfestigkeit. Spezielle Formmassen bestehen aus Reaktionsharzen (UP, EP) mit Glasfaser-, Kohlenstoff-, Aramid- und PEI-Faserprodukten unterschiedlicher Form als SMC- bzw. BMC-Formmassen in teigiger oder rieselfähiger Form

7.1.3 Urformen von Elastomeren

Thermoplastisch verarbeitbare Elastomere TPE (Abschnitt 14.2) können nach den üblichen Verarbeitungsverfahren für Thermoplaste verarbeitet werden.

Alle anderen Elastomere (Gummi) werden nach Verfahren der *Kautschukverarbeitung* (Abschnitt 14.1), z. B. *Pressvulkanisation*, *Spritzgießen* oder *Tauchen* verarbeitet.

■ 7.2 Umformen von Thermoplasten

Umformbar sind nur thermoplastische Kunststoffe. *Kaltumformen* ist selten wegen der zeitabhängigen Rückdeformation.

Warmumformen (Thermoformen) von thermoplastischem Halbzeug erfolgt bei erhöhten Temperaturen im *thermoelastischen* (gummielastischen) Temperaturbereich (Abschnitt 6.2). Die Abkühlung („Einfrieren“) der umgeformten Formteile muss dann unter Formzwang erfolgen.

Wichtige Umformverfahren sind das *Biegen* von Profilen, Rohren und Tafeln, das *Rohraufweiten* für Muffenverbindungen und das *Streckformen* mit Vakuum oder Druck im Negativ- oder Positivwerkzeug mit mechanischer oder pneumatischer Vorstreckung je nach Formteilstalt und Kunststoff. Beim *Streckformen* wird die umzuformende Platte meist fest eingespannt; die Verformung erfolgt dann aus der Wanddicke heraus, im Gegensatz zum Nachfließen des nicht eingespannten Blechzuschchnitts beim Tiefziehen von Metallen. Es ist eine Reihe von Umformverfahren im Gebrauch mit unterschiedlicher, pneumatischer und/oder mechanischer Vorstreckung. Die Wahl des geeigneten Verfahrens richtet sich nach der erforderlichen *Umformkraft* (mechanisch, Vakuum oder Druckluft), nach dem *umzuformenden Kunststoff*, nach der *Gestalt des Formteils* und nach der notwendigen *Wanddickenverteilung* (Bilder 7.6 bis 7.9). *Blister-* und *Skinverpackungen* werden ebenfalls durch Warmumformung hergestellt.

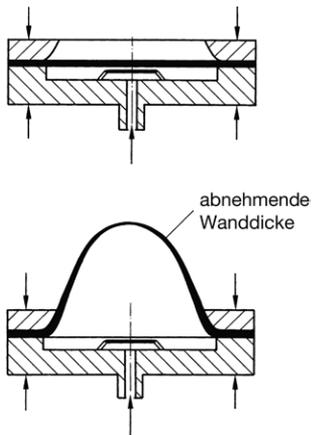


Bild 7.6
Streckformen mit Druckluft ohne Werkzeug

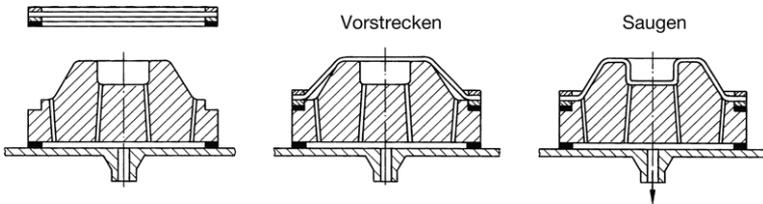


Bild 7.7 Positiv-Saugen mit mechanischem Vorstrecken

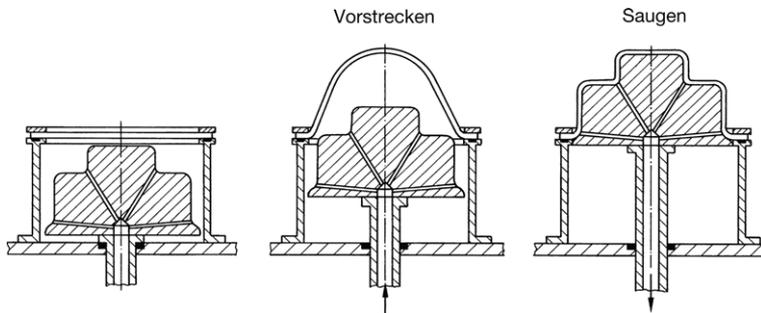


Bild 7.8 Positiv-Saugen mit Vorstrecken durch Druckluft

9

Kennzeichnung und Normung von Kunststoffen

Normen

DIN EN 472	Kunststoffe – Fachwörterverzeichnis
DIN EN ISO 1043	Kunststoffe – Kennbuchstaben und Kurzzeichen T1: Basis-Polymere und ihre besonderen Eigenschaften T2: Füllstoffe und Verstärkungsstoffe T3: Weichmacher T4: Flammenschutzmittel
DIN EN ISO 11469	Kunststoffe – Sortenspezifische Identifizierung und Kennzeichnung von Kunststoff-Formteilen, ausgenommen Packmitteln (siehe auch VDA 260)
DIN EN ISO 14021	Umweltkennzeichnungen und -deklarationen – Umweltbezogene Anbietererklärungen (Umweltkennzeichnung Typ II)
DIN EN ISO 18064	Thermoplastische Elastomere – Nomenklatur und Kurzzeichen
DIN ISO 1629	Kautschuk und Latices – Einteilung, Kurzzeichen
DIN 6120	Kennzeichnung von Packstoffen und Packmitteln zu deren Verwertung – Packstoffe und Packmittel aus Kunststoff
DIN 55625	Füllstoffe für Kunststoffe
ASTM D 1600-94a	Standard Terminology for Abbreviated Terms to Plastics
VDA 67	Elastomere
VDA 260	Kraftfahrzeuge – Kennzeichnung von Bauteilen aus polymeren Werkstoffen

■ 9.1 Allgemeine Kennzeichnung von Kunststoffen

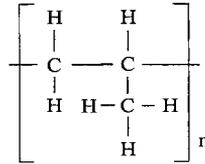
Im vorliegenden Werkstoff-Führer Kunststoffe wurde bei der Angabe von Kurzzeichen für Kunststoffe und Polymerblends auf DIN EN ISO 1043 zurückgegriffen. Im Inhaltsverzeichnis sind die im Werkstoff-Führer Kunststoffe behandelten Kunststoffe aufgeführt. Von den einzelnen Kunststoffen gibt es zahlreiche *Modifikationen* als *Copolymerisate*, *Polymerisatmischungen*, *Polymerblends*, *Compounds*, *Rezyklate* usw. mit unterschiedlichen Abwandlungen der Grundeigenschaften. Die Begriffe Polymerisatmischung, Polymerblend und der ältere, aus der Metallkunde entlehnte Begriff, Polymerlegierung bezeichnen dabei alle Mischungen von Polymeren. In Tabelle 9.1 sind die wichtigsten Kunststoffe aufgeführt.

Tabelle 9.1 Symbole für wichtige Kunststoffe nach DIN EN ISO 1043-1

Symbol	Kunststoff ¹⁾
ABS	Acrylnitril-Butadien-Styrol Kunststoff
AMMA	Acrylnitril-Methylmethacrylat Kunststoff
ASA	Acrylnitril-Styrol-Acrylat Kunststoff
CA	Celluloseacetat
CAB	Celluloseacetatbutyrat
CAP	Celluloseacetatpropionat
CF	Kresol-Formaldehyd
CN	Cellulosenitrat
COC	Cycloolefin-Copolymer
CP	Cellulosepropionat
E/P	Ethylen-Propylen Kunststoff
ECTFE	Ethylen-Chlortrifluorethylen
ETFE	Ethylen-Tetrafluorethylen Kunststoff
EVAC	Ethylen-Vinylacetat Kunststoff
EVOH	Ethylen-Vinylalkohol Kunststoff
EP	Epoxid Harz
LCP	Flüssigkristall-Polymer
MABS	Methacrylat-Acrylnitril-Butadien-Styrol Kunststoff
MBS	Methacrylat-Butadien-Styrol Kunststoff
MF	Melamin-Formaldehyd Harz
MP	Melamin-Phenol-Formaldehyd Harz
PAEK	Polyaryletherketon
PA	Polyamid
PAI	Polyamidimid
PAN	Polyacrylnitril
PARA	Polyarylamid
PB	Polybuten
PBT	Polybutylenterephthalat
PC	Polycarbonat
PCL	Polycaprolacton
PCTFE	Polychlortrifluorethylen
PDAP	Polydiallylphthalat
PE	Polyethylen (Polyethen)
PEEK	Polyetheretherketon
PEI	Polyetherimid
PEK	Polyetherketon

10.1.2 Polypropylen PP

Aufbau



Handelsnamen (Beispiele): Achieve (ExxonMobil); Adflex, Adstif, Hostacom, Metocene, Moplen, Profax (LyondellBasell); Akrolen (Akro); Borsoft, Daplen (Borealis); Eltex (Ineos); Escorene (ExxonMobil); Inspire (Trinseo); Vestolen (Sabic).

Normung: DIN EN ISO 1873.

In DIN EN ISO 1873 werden die Polypropylen (PP)-Formmassen unterschieden durch (verschlüsselte) Wertebereiche der kennzeichnenden Eigenschaften, *Zug-Modul*, *Charpy-Kerbschlagzähigkeit*, *Schmelze-Massenfließrate* MFR 230/2,16 und Informationen über grundlegende *Polymer-Parameter*, die *vorgesehene Anwendung* und/oder *Verarbeitungsverfahren*, *wichtige Eigenschaften*, *Additive*, *Farbstoffe*, *Füll- und Verstärkungsstoffe*. (MFR wird bei Überarbeitung der Normen durch MVR ersetzt).

Zusätzliche Unterscheidung von PP-Formmassen:

- | | |
|-----|---|
| H | Homopolymerisate des Propylens |
| B | Thermoplastisches, schlagzähes Polypropylen, bestehend aus zwei oder mehr Phasen aus einem Homopolymer H oder statistischem Copolymer R (Random-Copolymer) als Matrix und einer Kautschukphase, die sich aus Propylen und einem anderen Polyolefin (oder Olefinen) ohne funktionelle Gruppen zusammensetzt. Die Kautschukphase kann in situ erzeugt oder der Polypropylenmatrix physikalisch beigemischt werden (früher als „Block-Copolymer“ bezeichnet) |
| R | Thermoplastische, statistische Copolymerisate des Propylens mit einem oder mehreren aliphatischen Olefinen ohne funktionelle Gruppen, außer der olefinischen Gruppe |
| PCT | Randomcopolymere mit modifizierter Kristallinität und erhöhter Temperaturbeständigkeit (z. B. für Rohre). |

Beispiel für die Angabe einer PP-Formmasse:

Thermoplast ISO 1873 - PP-B,EC,10-09-012

Es bedeuten schlagzähe PP-B-Formmasse, E Extrusion, C mit Farbmittel, 10 Zug-Modul von 1100 MPa, 09 Charpy-Kerbschlagzähigkeit 7 kJ/m² und 012 Schmelze-Massefließrate MFR 230/2,16 von 0,9 g/10 min.

Metallocenkatalysatoren erlauben bei Polypropylen Sorten mit neuen Eigenschaftskombinationen (PP-M), die andere technische Kunststoffe substituieren können. Bei Fasern aus PP führen Metallocenkatalysatoren zu feineren Titern, höherer Faserfestigkeit, besserem Rückstellverhalten und besserer Anfärbbarkeit. Durch geeignete Nukleierungsmittel hergestelltes hochsteifes, ungefülltes PP (z. B. Stamytec von Sabic) steht in Konkurrenz zu talkumgefülltem PP bei geringerer Dichte; weich-zähe Randomblockcopolymere konkurrieren mit TPO, TPU, EVAC, PVC-P und anderen. Im Verpackungssektor sind Produkte interessant, die hohe Steifigkeit mit erhöhter Zähigkeit kombinieren (hochkristalline Blockcopolymere); es lassen sich dadurch die Wanddicken von Verpackungsbechern reduzieren bei gleichzeitig verbesserter Zähigkeit in der Kälte. Speziell modifizierte PP-Typen kombinieren, gegenüber üblichen Randomcopolymeren, hohe Transparenz mit sehr hoher Steifigkeit und können für dünnwandige, transparente Verpackungsbecher eingesetzt werden.

Eigenschaften

Dichte: 0,895 g/cm³ bis 0,92 g/cm³.

Gefüge: Teilkristalline, weitgehend unpolare Thermoplaste mit Kristallinität zwischen 60% und 70%, erzielt durch überwiegend *isotaktische* Anordnung der Methylgruppen. *Nukleierungsmittel* bewirken *feinkristalline* Struktur. Copolymerisate mit Ethylen oder EPDM haben eine höhere Schlagzähigkeit (auch bei tiefen Temperaturen) und höhere Witterungsbeständigkeit. *Hochkristalline* PP-Homopolymere erreichen infolge hohem isotaktischen Anteil sehr hohe Steifigkeit.

Ataktische Anordnung führt zu annähernd durchsichtigen Formteilen (geringe Kristallinität) mit sehr guten Fließeigenschaften für dünnwandige Formteile.

Füll- und Verstärkungstoffe: Talkum (besonders niedrige Schwindung), Holzmehl, Glasfasern, auch Langglasfasern, Glaskugeln, Glasmatten für großflächige Teile (GMT-PP: glasmattenverstärkte Thermoplaste-Polypropylen), Polyacrylnitrilfasern, Naturfasern, Ruß. Speziell gecoatete Füllstoffe in Verbindung mit Additiven und mineralischen Füllstoffen erhöhen die Kratzfestigkeit von PP-Oberflächen.

Farbe: Ungefärbt schwach transparent bis opak; in vielen Farben gedeckt einfärbbar bei hohem Oberflächenglanz. Spezielles PP (z. B. Metocene von LyondellBasell) ist mit einem speziellen Additiv so ausgerüstet, dass es fast glasklar ist.

Mechanische Eigenschaften: Höhere Steifigkeit, Härte und Festigkeit, aber niedrigere Kerbschlagzähigkeit als PE. Nagelbar. Für hochbeanspruchte Konstruktionsteile Verstärkung durch Glasfasern und Mineralstoffe. Durch gezielte Verbesserung durch Modifikationen und/oder bei der Herstellung (Copolymerisation, Metallocen-Katalysatoren) lassen sich heute die vielfältigsten Eigenschaftskombinationen erreichen; steife und zähe oder durchsichtige und zähe Produkte.

Elektrische Eigenschaften: Elektrische Eigenschaften ähnlich wie bei PE. Günstige dielektrische Eigenschaften unabhängig von Frequenz, deshalb keine HF-Erwärmung möglich. Wegen hoher Isoliereigenschaften Neigung zu elektrostatischer Aufladung und Staubanziehung, deshalb vielfach antistatische Ausrüstung.

Thermische Eigenschaften: Bei hohen Temperaturen Neigung von reinem PP zu Oxidation; deshalb durchweg Stabilisierung der PP-Typen. Obere Gebrauchstemperatur an Luft bis 110 °C, bei stärker stabilisierten und verstärkten Typen noch höher, z. T. bis 150 °C und 120 °C dauernd. Versprödungstemperatur bei 0 °C, bei modifizierten Typen (z. B. mit EPDM) tiefer.

Kristallitschmelztemperatur T_m : 158 °C bis 168 °C (Random-Polymere 135 °C bis 155 °C). *Brennverhalten* ähnlich PE.

Beständig gegen (Auswahl): Wässrige Lösungen von anorganischen Salzen, schwache anorganische Säuren und Laugen, Alkohol, einige Öle. Lösungen von üblichen Waschlaugen bis 100 °C.

Nicht beständig gegen (Auswahl): Starke Oxidationsmittel. Quellung in aliphatischen und aromatischen Kohlenwasserstoffen wie Benzin, Benzol, insbesondere bei erhöhten Temperaturen. Halogenkohlenwasserstoffe. Teilweise unbeständig bei Berührung mit Kupfer!

Physiologisches Verhalten: Geruchlos, geschmacksfrei, gut haut- und schleimhautverträglich. Für viele Anwendungen im Lebensmittelsektor und in der Pharmazie geeignet; physiologisch unbedenklich.

Spannungsrisssbildung: Nur geringe Neigung zu Spannungsrisssbildung.

Verarbeitung

Spritzgießen: PP gut für Spritzgießen geeignet. Plastifizierleistung der Spritzgießmaschine bei PP wegen niedriger Dichte nur 70% von PS. Verschlussdüse zweckmäßig. Massetemperaturen 200 °C bis 300 °C, meist 270 °C bis 300 °C. Spritzdrücke bis 1200 bar. Werkzeugtemperaturen 20 °C bis 100 °C; hohe Temperatur ergibt besseren Oberflächenglanz. Durch Nukleierungsmittel wird die Kristallisationsgeschwindigkeit bedeutend erhöht (Verkürzung der Zykluszeit). Möglichst lange Nachdruckzeit. Schwindung 1,0% bis 2,5%.

Extrudieren: Möglichst Extruder mit Kurzkompressionsschnecke. Extrusionstemperaturen 230 °C bis 270 °C.

Extrusionsblasen: Ergibt Hohlkörper mit hoher Formbeständigkeit in der Wärme. Beim Streckblasen erhöhte Festigkeit durch biaxiales Recken.

Warmumformen: Streckformen, Biegen und Abkanten bei Temperaturen um die Kristallitschmelztemperatur T_m . Umformtemperaturen 145 °C bis 160 °C bei Druckluftformung; bis 200 °C bei Vakuumformung. Werkzeugtemperaturen von gekühlt

Physikalische Untersuchungsmethoden zum Erkennen der Kunststoffart

■ 19.1 Dichtebestimmung

Normen

- DIN EN ISO 845** Schaumstoffe aus Kautschuk und Kunststoffen – Bestimmung der Rohdichte
- DIN EN ISO 1183** Kunststoffe – Verfahren zur Bestimmung der Dichte von nicht verschäumten Kunststoffen
 T1: Eintauchverfahren, Verfahren mit Flüssigkeitspyknometern und Titrationsverfahren
 T2: Verfahren mit Dichtegradientensäule
 T3: Gas-Pyknometer-Verfahren
- ISO 2781** Elastomere oder thermoplastische Elastomere – Bestimmung der Dichte

Kennwert

ρ Dichte

In der Normenreihe DIN EN ISO 1183 sind mehrere Verfahren zur Bestimmung der Dichte von festen, nicht verschäumten und blasenfreien Kunststoffen aufgeführt:

- Teil 1, Verfahren A: Eintauchverfahren für Kunststoffe in jeder Form, ausgenommen Pulver.
- Teil 1, Verfahren B: Verfahren mit Flüssigkeitspyknometer für Teilchen, Pulver, Flocken, Granulat oder zerkleinerte Fertigteile.
- Teil 1, Verfahren C: Titrationsverfahren für Kunststoffe in jeder Form.
- Teil 2, Bestimmung der Dichte nach dem Dichtegradientenverfahren für Kunststoffe in jeder Form.

- Teil 3, Bestimmung der Dichte mit einem Gas-Pyknometer für Kunststoffe in jeder Form und ohne geschlossene Poren.

Hier werden vor allem die *Auftriebsmethode* (Verfahren A) und die oft ausreichende Einstufung der Dichte nach dem *Schwebeverfahren* (Verfahren C) mit verschiedenen Prüflösungen besprochen. Die Einstufung der Dichte mit Lösungen bestimmter Dichte ist auch für das Trennen von Kunststoffen nach der *Sink-Schwimm-Methode* beim Recycling von Kunststoffen interessant.

Beachte: Hohlräume wie Lunker und Gasblasen verfälschen die Dichte, weshalb die Dichtebestimmung an Granulatkörnern, die meist Lunker enthalten, problematisch ist; Granulatkörner ggf. vorher aufschneiden. Bei gefüllten Kunststoffen wird die Dichte durch den Gehalt an Füllstoffen verändert, weshalb die Dichtebestimmung an gefüllten Kunststoffen nur sinnvoll ist, wenn der Füllstoffgehalt bekannt ist.

19.1.1 Bestimmung der Dichte nach der Auftriebsmethode (Verfahren A)

Die Prüfung erfolgt auf Analysenwaagen mit einer Messgenauigkeit von 0,1 mg und einer Zusatzeinrichtung für die Dichtebestimmung von festen Probekörpern, eine sog. hydrostatische Waage. Weiter sind notwendig Aräometer zur genauen Ermittlung der Dichte der Prüflüssigkeit, meist *destilliertes Wasser* und *Methanol* (für Gummi, PE und PP). Zunächst wird die Masse W_1 der Probe durch Wiegen in Luft bestimmt, dann die Masse W_2 der Probe durch Wiegen in der Prüflüssigkeit. Die Dichte r_F der Prüflüssigkeit kann mittels Aräometer ermittelt werden; es darf zur Vermeidung von Luftbläschen bis 0,1 Massenprozent *Netzmittel* zugesetzt werden. Auf genaue, konstante Temperatur t der Prüflüssigkeit ist zu achten. Probekörpermasse W_t sollte mindestens 2,5 g betragen. Es stehen auch automatische Wiegesysteme mit Rechnerauswertung zur Verfügung.

Die Dichte r_t für die Temperatur t (20 ± 2) C; (23 ± 2) C oder (27 ± 2) C ergibt sich in g/cm^3 , kg/m^3 oder g/ml nach folgender Formel, wobei die Angabe der ersten drei wertanzeigenden Ziffern genügt:

$$\text{Dichte } \varrho_t = \frac{W_1 \cdot \varrho_F}{W_1 - W_2} \quad (19.1)$$

Nach DIN EN ISO 1183 wird die Masse der Probe in Luft (W_1) mit $m_{S,A}$, die Masse der Probe in der Prüflüssigkeit (W_2) mit $m_{S,IL}$ und die Dichte der Prüflüssigkeit (r_F) mit r_{IL} bezeichnet. (S steht für specimen, A für air, IL für immersion liquid und t für die Temperatur, meist 23°C).

Die Dichten von Gießharzen, Pressstoffen und gefüllten Thermoplasten werden stark durch den Füllstoff und dessen Anteil verändert. Daher ist für solche Form-

■ 19.3 Thermische Analysenverfahren

Normen

- DIN EN ISO 3146** Kunststoffe – Bestimmung des Schmelzverhaltens (Schmelztemperatur oder Schmelzbereich) von teilkristallinen Polymeren im Kapillarrohr- und Polarisationsmikroskop-Verfahren
- DIN EN ISO 6721** Kunststoffe – Bestimmung dynamisch-mechanischer Eigenschaften
 T1: Allgemeine Grundlagen
 T2: Torsionspendel-Verfahren
 T3: Biegeschwingung, Resonanzkurven-Verfahren
- DIN EN ISO 11357** Kunststoffe – Dynamische Differenz-Thermoanalyse (DSC)
 T1: Allgemeine Grundlagen
 T2: Bestimmung der Glasübergangstemperatur und der Glasübergangsstufenhöhe
 T3: Bestimmung der Schmelz- und Kristallisationstemperatur und der Schmelz- und Kristallisationsenthalpie
 T4: Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität
 T5: Bestimmung von charakteristischen Reaktionstemperaturen und -zeiten, Reaktionsenthalpie und Umsatz
 T6: Bestimmung der Oxidations-Induktionszeit
 T7: Bestimmung der Kristallisationskinetik
- DIN EN ISO 11358** Kunststoffe – Thermogravimetrie (TG) von Polymeren

Kennwerte

T_g	Glasübergangstemperatur
T_m	Schmelztemperatur
ΔH	Schmelz- oder Kristallisationsenthalpie
	Thermischer Abbau
	Aushärtungseffekte

Thermische Analysen erlauben, an meist sehr kleinen Probemengen, physikalische und chemische Eigenschaften als Funktion der Temperatur oder Zeit zu ermitteln. Die Proben werden dazu in speziellen Öfen mit definierter Gasatmosphäre (Luft, inerte Gase, Sauerstoff) einem bestimmten Temperaturprogramm unterzogen und dabei entsprechende *Aufheiz-* oder *Abkühlkurven* aufgenommen. Solche Temperaturkurven zeigen werkstoffspezifische Kurvenverläufe (Bilder 19.1 bis 19.4), die mithilfe Software ausgewertet und dokumentiert werden.

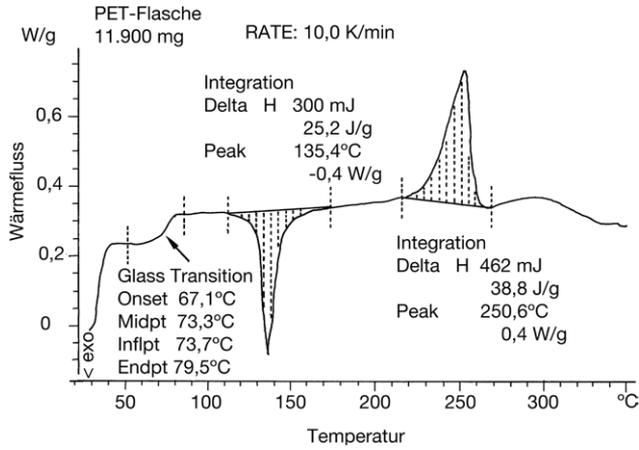


Bild 19.1 DSC-Aufheizkurve einer glasklar spritzgeblasenen PET-Flasche Glasübergangstemperatur T_g (Midpoint) 73 °C Nachkristallisationstemperatur (Peaktemperatur) 135 °C Schmelztemperatur (Peaktemperatur) 251 °C

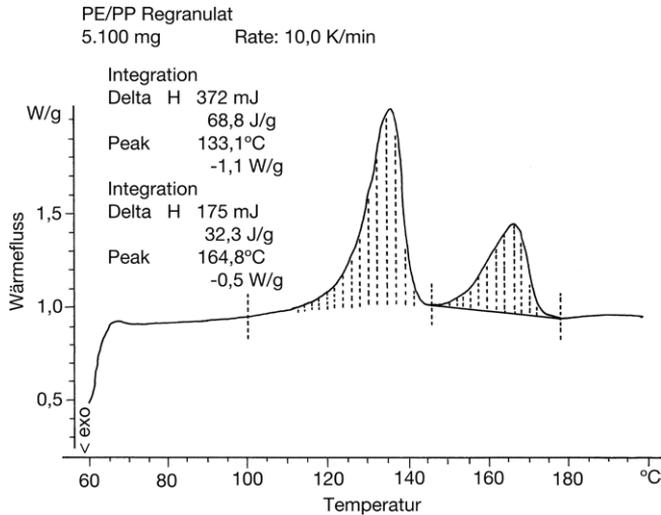


Bild 19.2 DSC-Aufheizkurve eines spritzgegossenen Rezyklats aus PE-HD und PP. Zwei getrennte Schmelzpeaks für PE-HD bei 133 °C und PP bei 165 °C

Index

(Handelsnamen von Kunststoffen sind kursiv gedruckt)

Symbole

3D-Bildhologramme 164

A

Abbau 290

Abbaubarkeit, biologisch 262

Abbau, biochemisch 28

Abbau, oxidativer 286

Abbau, thermischer 283, 286

Abbau von PBT 291

Abbau von Polymeren 288

Abdeckfolien 98, 117

Abdeckplatten 105

Abdeckungen 106, 114, 136, 140, 163

Abdichtfolien 98

Abfallbehälter 98

Abformmassen 234

Abgasreinigungssysteme 216

Abkühlkurven 286

Ablaufarmaturen 105

Abrieb 408

ABS 118

Absätze 124

ABS-Bremssysteme 177

Absolan 125

Absorptionsspektroskopie 289

Absperrketten 149

Abstreifer 240

Abwasserrohrleitungen 98, 114

Acetylen 5

Achieve 102

ACM 232

Acrylatkautschuk 232

Acrylite 137

Acrylnitril-Butadien-Styrol-Kautschuk
231

Additionspolymerisation 9, 12

Additive 77, 288

Adern 233

Adflex 102, 244

Adstif 102

AdvancedSMC 205

Aerolsoldosen 154

Affinity 94

Aflas 190

Airbagabdeckungen 228

Airbaggehäuse 149

Akkudeckel 163

Akrolen 102

Akromid A 144

Akromid B 144

Akromid S 144

Akromid T 183

Aktivatoren 230

Akulon 144

Alarmanlagen 163

Albester 205

Algoflon 185

aliphatische Kohlenwasserstoffe 4

Aliphatische Polyketone 169

Alkane 4

Alkene 5

Alkine 5

Alloys 22

Altech 151

Alterung 33, 290, 508

- Alterungskriterium 580
Alterungsschutzmittel 230
Alterungsverhalten 543
Altglas 137
Ambicat 94
Aminoplaste 200
Amodel 183
amorphe Gelenke 19
amorphe Thermoplaste 6
Ampullen 101
Angelgeräte 164
Angelruten 214
Angelschnüre 149
Angussrückführung 59
Anisotropie 222, 258
Anker 214
Anlaufscheiben 199
Ansaugrohre 149
Antennenzubehör 105
antiadhäsive Beschichtungen 189
Antihafbeschichtungen 175, 177
Antihafteffekt 52
Antistatika 25, 30, 259
Antriebsritzel 149
Antriebsteile 168
Apec 160, 164, 172
Apparatebau 177, 182, 259
AquaSol 263
Araldite 211
Aramide 172
Arbeit 584
Arbeitsaufnahmevermögen 312
Armaturen 114, 141, 168, 175
Armaturengriffe 136
Armaturenknöpfe 141
Armaturentafeln 130, 168, 254
Armlehnen 130
Arnite 155
Arnitel 157, 242
Aromaten 5
ASA 118
Asaflex 122
Aschenbecher 199
Atlac 205
AU 234
Audiobänder 159
Aufbau, atomarer 34
Aufbau, molekularer 34
Aufbereitung 58
Aufheizkurven 286
Aufheizkurve, PET-Flasche 285
Auflichtuntersuchungen 564
Aufschlagkraft, maximale 370
Aufschmelzzeit 525
Auftriebskörper 254
Auftriebsmethode 276
Auftriebsverfahren 276
Ausgangsstoffe 3
Ausgleichslagerung 498
Aushärtezeit 525
Aushärtungseffekte 283, 286
Aushärtungsgrad 543
Auskleidungen 99, 114, 117, 189, 191,
232 f., 254
Ausschlagspannung 402
Außenhaut, dicht 247
Außenspiegel 133
Auswertung 267
Autoelektrik 214
Autoelektrikgehäuse 149
Autokarosserien 209
Automobilbau 119, 169, 253
Automobilindustrie 182
Avantra 122
Avaspire 181
Avimid 178
Avotone 181
- B**
- Babyflaschen 164
Backformen 189
Badesandalen 244
Badeschuhe 117
Badewannen 136, 141, 224
Badewannenträger 119
Badezimmernaturen 127
Bakelite 195, 201, 205, 215
Balkonprofile 209
Bälle 117, 241

- Bändchen 106
Bänder 36, 149
Bandräder 227
Bänke 210
Barcolhärte 348
Barex 127
Barrierekunststoffe 489
Barrierematerialien 159
Barriereschicht 149
Barrierewirkung 258
Basotect 201
Batteriegehäuse 105
Batteriekästen 59, 98, 130
Batterien 127
Bauteile für hohe Einsatztemperaturen 180
Bauteile im Motorraum 175
Bauteile, thermisch hochbelastet 164
Bautendichtungen 232
Bautenschutzfolien 117
Bayblend 128, 160 f.
Baydur 247
Bayfill 247
Bayflex 247
Bayfol 160
Bayfol HX) 164
Baymod L 100, 243
Baytec 247
Becher 122, 140
Becherschließzeit 198
Bedampfen 53
Bedienungselemente 130
Bedienungsknöpfe 127, 140
Bedienungsteile 130
Bedrucken 53
Befestigungselemente 154, 184
Beflammen 53
Beflocken 53
Behälter 98, 105, 107, 114, 117, 168, 214, 225
Behälterauskleidungen 109
Behälter für chemische Industrie 114
Behälter mit Filmscharnieren 106
Beilsteinprobe 271
Beleuchtung 101
Beleuchtungszubehörteile 175
Bell-Telephone Test 561
Benennungsblock 79
Benzol 5
Bergadur 155
Bergaform 151
Beschichtungen 98, 107, 117, 149, 189, 191, 214, 262
Beschichtungen, antistatisch 260
Beschichtungsstoffe 358
Beschlüge 130, 154, 159
Beschleuniger 208, 230
Besonderheiten bei Faser-Verbundsystemen 222
Beständigkeit, chemische 507
Beständigkeit, thermische 33
Bestecke 140, 204
Besteckgriffe 136
Betrachtungsbedingungen 574
Betriebsbedingungen 544
Bewässerungsarmaturen 133
Bewitterung 574
Bewitterungsversuche 578
Bexloy 94
Bezeichnungssystem für PMC 86
biaxiales Recken 17
Biegedehnung beim Bruch 330
Biegefestigkeit 330
Biege-Kriechmodul 387
Biegemodul 330
Biegen 49
Biegespannung beim Bruch 330
Biegespannung bei vereinbarter Durchbiegung 330
Biegestreifenverfahren 554
Biegeversuch 330
Bierabfüllung 159
Bildungsreaktionen 9
Bindearne 106
Bindemittel 199
Bindenähte 542
Bindungstypen 288
Bio-Flex 264
Biograde 264
Biomax PTT 264

- Biomer 264
 - Biopar 264
 - Bioplast 264
 - Bio-Polyamide 261
 - Biopolymerdatenbank 263
 - Biopolymere 56, 260
 - Biopolymere, naturfaserverstärkt 263
 - Bio-Polyurethane 261
 - Biospan* 247
 - Blattfedern 225
 - Blend 60
 - Blendschutzzäune 114
 - Blend-Technologie 227
 - Binkleuchten 140
 - Blisterpackungen 107
 - Blisterverpackungen 49, 115
 - Blitzlichtreflektoren 136
 - Block-Copolymer 102
 - Blockpolymere 21
 - Blocksystem 79
 - Blow-Fill-Seal-Prozess 98
 - Blumentöpfe 262
 - Bluttransfusionsschläuche 233
 - BMC 48, 84, 193, 209, 213, 224
 - Bodengruppenisolierungen 254
 - Bootskörper 130, 209, 214
 - Bootsschalen 133
 - Borsoft* 102
 - Borstar* 94
 - Borsten 149
 - Brabender-Kneter 524
 - Brandgefahr 443
 - Brandprüfung 445, 447
 - Brandrisiko 444
 - Brandrisikobewertung 454
 - Brandschutzmittel 30
 - Brandverhalten 440, 449
 - Brechungsindex 481
 - Brechzahl 481
 - breitseitig 365
 - Bremsbeläge 199
 - Bremssysteme 199
 - Brenngeschwindigkeit 445
 - Brennstoffzellen 177, 259 f.
 - Brennverhalten 439, 543
 - Brennverhalten, Beurteilung 272
 - Briefkästen 133
 - Brillen 101
 - Brillengestelle 136
 - Brillengläser 140
 - Brillengläser, unzerbrechlich 163
 - Bruchaussehen 336
 - Bruchdehnung 306
 - Bruchdehnung, nominelle 307
 - Bruchspannung 306
 - Bruch, teilweiser 364
 - Bruch, vollständiger 364
 - Brückengleitlager 189
 - Bucheinbände 117
 - Buchsen 239, 259
 - Bügeleisensohlen 189
 - Bürstenhalter 184
 - Bügeleisen 110, 159, 175
 - Buntheit 575
 - Buntton 575
 - Büroartikel 117
 - Büromaschinen 130, 132, 253
 - Büromaschinenteile 154
 - Bürstengriffe 136
- C**
- Cadmould 568
 - Cadon 128
 - Calibre* 160
 - CAMPUS 294
 - Capron* 144
 - Carbon Nanotubes 27
 - Carilon 169
 - Casco-Resin* 201
 - CBC-Additive 23, 65
 - CD 101, 140, 163
 - CD-ROM 101, 163
 - Celanese* 144
 - Celanex* 155
 - Celcon* 151
 - Celion 220
 - Cellasto* 237
 - Cellidor* 133, 263
 - Cellophan 261

Celluloseabkömmlinge 260
Celluloseacetat 133
Celluloseacetobutyrat 133
Celluloseester 133
Cellulosepropionat 133
Celluloseregeneraten 261
Centrex 131
CFC 223
Charakterisierung von Kunststoffen 339
Chargen 511
Charpy-Kerbschlagzähigkeit 94, 365
chemische Beständigkeit 40, 507
Chipkarten 130
Chipträger 177
Chlor-Butadien-Kautschuk 232
chlorsulfoniertes Polyethylen 233
CIE-LAB-System 576
Clipse 154
CNT 27, 260
COC 101
Coextrusion 45
Combitherm 94
Compact-Disc 163
Compoundieren 112
Compoundierung 25
Compounds 74
Computergehäuse 163
Conductivity Writing 106
Container 98, 209
Copolyamide 150
Copolymerisate 3, 9, 74, 102, 271
Copolymerisation 21, 205
Copolymer, statistisch 102
Corian 137
Corvic 110
Cosypur 247
Crastin 155
Cristamid 144
Cryolite 137
Crystar 155
CSD 159
CTI 478
Cycloolefin-Copolymere 101
Cycloolefin-Copolymerisate 171
Cycolac 127
Cycoloy 128, 160

D

Dachfolien 117, 233
Dachkonstruktionen 209
Dachrinnen 114
Dachverglasungen 141
Dacron 156
Dai-EI 190
Daiflon 190
Dämmplatten 119
Dampfbügeleisen 132
Dämpfungselemente 117, 217, 239, 245
DAP 215
Daplen 102
Daron 205
Datenkatalog 298
Datenspeicher 177
Datenspeicher, optische 163
Datentechnik 165
Datenverarbeitung 180
Datenverarbeitungsgeräte 168
DDF 51
Decelith 110
Deformationsreihe 558
Dehnspannung 94
Dehnung
- nominelle Dehnung 306
- wahre 310
Dekorfolien 117
Dekrement, logarithmisches 338
Delpet 137
Delrin 151
Demonstrationsmodelle 141
Desmodur 247
Desmopan 237
Desmophen 247, 263
Diakon 137
Diallylphthalat 215
Diallylphthalatharze 205
Dialysatoren 164
Diaphragma-Umformtechnik 51
Diaprojektoren 163, 175
Diarähmchen 121, 124
Dichte 33, 54, 275, 584
Dichtebestimmung 275
Dichte durch Eingrenzen 277

- Dichtegradientenverfahren 275
 Dichtelemente 177, 180
 Dichteverlauf 253
 Dichte von Schaumstoffen 277
 Dichtungen 98 f., 117, 149, 189, 191, 217,
 233 f., 239 f., 242, 244, 254, 259
 Dichtungen für hohe Temperaturen 233
 Dichtungen, ölbeständig 232
 Dichtungsmassen 234
 Dichtungsprofile 245
 Dielektrikum 189
 Dielektrizitätszahl 471
 Differenzkalorimetrie, dynamische 285
 diffuse Lichtverteilung 140
 Dilatometer 434
 Dioxine 57
 Dipoleffekt 14
 DIP-Schalter 184
 Displays 174
 DMA 286
 DMC 84
 DOP 115
 Doppelbindungen 5
 Dosen 98, 105
Dowlex 94
 Drahtummantelungen 105, 117, 182
 Drainagerohre 114
 Drehbleistifte 136
 Drehmoment-Rheometer 525
 Dreipunktbiegung 330, 332
 Druck 583
 Druckfestigkeit 323
 Druckfließspannung 323
 Druckgradient 534
 Druckleitungen 149
 Druckleitungsrohre 114
 Druckluftkolben 177
 Druckrohre 98
 Druckspannung bei Bruch 323
 Druckspannung bei x % Stauchung 323
 Druckspannung-Stauchung-Diagramm
 325
 Druckverformungsrest 254
 Druckversuch 323
 DSC 285
 D-Teile 270
 Dünnschliff 563
 Dünnschliff-Technik 562
 Dünnschnitte 20, 562
 Dünnschnitt-Technik 562
 Durchbiegung 330, 412
 Durchbiegung bei Bruch 370
 Durchbiegung bei maximaler Aufschlag-
 kraft 370
 Durchgangswiderstand 461
 Durchlichtuntersuchungen 562
 Durchschlagfestigkeit 457
 Durchschlagspannung 457
 Durchstoßversuch, instrumentierter 572
 Durethan A 144
Durethan B 144
 Duroplaste 3, 5 f., 8, 11, 14, 33, 39, 193,
 341
 Duroplaste, Prüfbedingungen 298
 Duschkabinen 141
 Duschwannen 141
 Duschwannenträger 119
 Düsen 149
 DVD 140, 163
 DVD-ROM 163
Dyflor 190
Dylite 247
Dynamar 190
 Dynamische Differenzkalorimetrie
 - temperaturmodulierte 286
 dynamisch-mechanische Analyse 286
 Dyneema 220
Dyneon FEP 190
Dyneon 185
Dyneon PFA 190
Dyneon PVDF 190

E
Eastapak 155
Ecoflex 242, 263
Ecovio 263
Ecovio FS 263
 edgewise 365
Edistir 119, 122

- EDX 569
- Eierkocher 175
- Eierschneider 122
- Eigenschaftsprofil 66
- Eigenspannungen, Ermittlung 545
- Eigenspannungsabbau 51
- Eimer 98
- Einbetten 209
- Einbettmaterial 141
- Einbettungen 215
- Einfriertemperatur 7
- Eingangskontrollen 520, 535
- Eingießen 213
- Einheiten 583
- Einkomponentenklebstoffe 52
- Einmalgeschirr 122, 124
- Einmalspritzen 98, 106, 122
- Einpunktwerte 363
- Einsatztemperaturbereiche 7
- Einweggeschirr 105
- Einwegverpackungen 121
- Einzelwerte 268
- Eiswürfelbehälter 244
- Elastan* 247
- Elastizitätsmodul 329, 336
- Elastizitätsmodul aus dem Druckversuch 323
- Elastoblend* 237
- Elastoflex* 247
- Elastofoam* 247
- Elastollan* 237
- Elastomere 3 ff., 8, 14, 229
- Elastomere, thermoplastisch 78, 234, 340
- Elastomere, vernetzt 229, 341
- Elastomer-Gießharze 217
- Elastomertypen 231
- Elastopor* 247
- Elegante* 155
- elektrische Prüfungen 455
- elektrisches Verhalten 40
- elektrisch leitfähige Polymere 259
- Elektrogeräte 132
- Elektroinstallationsmaterial 204
- Elektromotorenteile 184
- Elektronenpaarbindungen 13
- Elektronik 169, 177, 259
- Elektronikbauteile 215
- Elektronikindustrie 180, 182, 213, 259
- elektronische Bauelemente 216
- elektronische Bauteile 174
- Elektrotechnik 99, 101, 119, 150, 169, 177, 210
- Elektrowerkzeuge 149
- Elemente, schwingungsdämpfend 239
- Elite* 94
- Elix* 119
- Eltex* 102
- Elvacite* 137
- Elvax* 100, 243
- Embrace 156
- Emdicell* 237
- Emerge* 160
- EMI 260
- EMI-Abschirmungen 30, 260
- Emulsions-PVC 111
- Enduran* 155
- Enerbond* 247
- Enerfoam* 247
- Energie 584
- Energiebedarf 69
- Energie bis zur maximalen Aufschlagkraft 370
- energie-elastisch 35, 339
- Energieinhalt 59
- Engage* 244
- Entdröhnung 254
- Entdröhnungselemente 255
- Entfeuchter 177
- Entflammbarkeit 440, 444
- entropieelastisch 35, 341
- Entropieelastizität 229
- Entspannen 34
- Entspannung 389
- Entzündlichkeit 440
- EP 210
- EPDM 232
- Epikote* 211
- Epispire* 172
- EPM 232

- Epotuf* 211
 Epoxidharze 12, 210
Eraclene 94
 Erhitzen im Glührohr 272
 Erkennen der Kunststoffart 271
 Erosionsabtrag 408
 ESC 549
 ESC-Index 549
Escor 94
Escorene 102, 243
 Eßgeschirr 204
 Ethen 5
 Ethin 5
Ethocel 133
 Ethylen 5
 Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk 232
 Ethylen-Propylen-Kautschuk 232
 Ethylen-Vinylacetat-Copolymere 243
 Ethylen-Vinylacetat Formmassen 99
 Etikettieren 53
 Etuis 122
 EU 234
Europlex 172
 EVAC 99, 243
Evatane 100, 243
Evicom 110
Evipol 110
 Exjection 45
 Expertensysteme 270
Extem 178
Extir 247
 Extraktionsverfahren 539
 Extruder 45
 Extrusion 231
- F**
- Fabeltan* 237
 Fahrerhäuser 225
 Fahrzeugaußenteile 149
 Fahrzeugbau 259
 Fahrzeugheizungen 175
 Fallbolzenversuch 570
 Fallversuch 544
 Faltenbälge 98, 105, 189, 191, 231 f., 239, 241, 244 ff.
 Falttüren 117
 Farbmusterung 576
 Farbmusterungskammer 576
 Farbänderungen 579
 Farbbeurteilung 574
 Färbehülsen 105
 Farbeindruck 574
 Farbgleichheit 576
 Farbkonstanz 575
 Farbmessungen 576
 Farbmittel 25, 28, 230
 Farbnachstellung 575
 Farbzeptierung 577
 Farbstoffe 29
 Farbunterschiede 577
 Farbvergleiche 576
 Farbverschiedenheit 576
 Fasergehalt 222
 Faser-Kunststoff-Verbunde 219
 Fasern 36, 149, 159
 Fasern, feuerbeständig 191
 Fasern, optische 137
 Faserorientierung 568
 Faserprodukte 220
 Faserspritzen 205
 Faserspritzverfahren 224
 Fasersysteme 219
 Faserverteilung 568
 Faserwerkstoffe 220
 Fassadenelemente 114
 Fassadenplatten 204, 209
 Fässer 98
 Fassungen 259
 Federelemente 3, 154, 239
 Federkennlinie 254
 Federungsverhalten 36
 Fehlerstromschutzschalter 149
 Feinschicht 224
 Fensterdichtungen 233, 245
 Fenster, flexible 117
 Fenstergriffe 154
 Fensterprofile 113 f.
 Ferngläser 163
 Fernmeldekabel 98
 Fernsehgeräte 168, 253
 Fernwärmeheizungen 99

- Festigkeit 583
- Festschmierstoffe 25
- Feuchte 434
- Feuchtegefälle 498
- Feuchtegehalt 539
- Feuchtpressmassen 86
 - BMC 48, 86
- Feuerschutzbekleidung 172
- Feuersicherheit 443
- Feuerzeuge 164
- Feuerzeugtanks 154
- Filmapparate 127
- Filmscharniere 3, 106
- Filmscharniereffekt 545
- Filmspulen 121, 127
- Filter 177, 184
- Filtergewebe 182
- Filterkörper 189
- Filterpapiere 199
- Filtertassen 164
- Finacene* 94
- Fittinge 98, 105, 109, 114, 133, 154, 191
- Flachbildschirme 140
- Fläche 583
- Flächenbeflammung 453
- Flächenpressung 408
- Flammenfront 445
- Flammschutzmittel 25, 30, 77, 441
- Flaschen 98, 105, 191
- Flaschen für die Trinkwasserversorgung 164
- Flaschenkästen 98
- Flaschenverschlüsse 105
- flatwise 365
- Fleece 60, 159
- Flexaren* 243
- Flexathene* 244
- Flexibilisatoren 25, 29 f.
- flexible Leiterbahnen 177
- flexible Zahnräder 241
- Fließbeginn 533
- Fließfähigkeit 511, 531
- Fließfähigkeit faserverstärkter Duroplaste 531
- Fließfähigkeit, Verbesserung durch LCP 257
- Fließ-Härtungsverhalten 48, 523 f.
- Fließkurven 515
- Fließstauchung, nominelle 323
- Fließverhalten 198, 203
- Floppy-Disk 159
- Flüchte 539
- Flugzeugbau 137, 175, 225
- Flugzeugbauteile 225
- Flugzeuginnenteile 259
- Flugzeugverglasungen 140
- Fluon* 185, 190
- Fluorel* 190
- fluorhaltige Polymerisate 185
- fluorhaltige Thermoplaste 189
- Fluorkautschuk 233
- Fluor-Silicon-Kautschuke 233
- Fluran* 190
- FMQ 233
- FNCT 552
- Folien 98, 101, 107, 159, 191, 244
- Folien für aufwärmbare Tiefkühlkost 110
- Folien für Innenauskleidungen 245
- Folien für Tageslichtprojektoren 175
- Folien für Tiefziehverpackungen 124
- Folienherstellung 188
- Folien, kochfest 105
- Folien, witterungsbeständig 191
- Fonduegeräte 159
- Förderbänder 117, 231 f.
- Förderbänder mit Antihafteffekt 233
- Förderbandteile 169
- Formaldehyd 11
- Formbeständigkeit in der Wärme 411
- Formgenauigkeit 177
- Formmassen 205
- Formmassen, rieselfähig 84
- Formpolymerisieren 47
- Formpressen 27
- Formsande 199
- Formteile 44
- Formteile, hoch beansprucht 177
- Formteile, technische 126
- Formteilprüfung 541
- Formzwang 49
- Fortron* 175
- Fotoapparate 154

FR-Ausrüstung 441
 Freibewitterung 579 f.
 Freistrahlfüllung 568
 Frontends 105, 165, 168
 Frontleuchten 137
 Frostschutzschichten 119
 Fruchtsäfte 98
 FST 30, 442
 Fügen 52
 Fugendichtungen 255
 Führungen 159, 214
 Füllfederhalter 136, 141
 Füllkörper 259
 Füllstoffe 25 f., 78, 230
 Füllstoffgehalt 286
 Füllstoffverteilung 567
 Füllstudien 568
 Funktionsteile 154
 Funktionsteile mit guten Gleiteigen-
 schaften 159
 Furane 57
Fusabond 94
 Fußbodenbeläge 117
 Fußbodenheizungen 99, 105, 109

G

Gafone 172
 Galvanisieren 53
 Gammastrahlen 101
 Gartenmöbel 106, 133, 149
 Gartenschläuche 117
 Gasampullen 154
 Gasanalyse 199
 Gasblasen 543
 Gasdichtigkeit 160
 Gasdurchlässigkeit 490 f.
 Gasinnendrucktechnik 44
 Gaspedale 105
 Gasrohre 114
 Gebrauchsdauer faserverstärkter
 Duroplaste 531
 Gebrauchsprüfungen 544
 Gebrauchstauglichkeit 544
 Gebrauchstemperatur 411

Gebrauchstemperaturbereiche 339, 423
 gedruckte Schaltungen 177, 180, 199
 Gefriermöbelbau 253
 Gefüge 20
 Gefügeuntersuchungen 543, 561
 Gehalt an anorganischen Füllstoffen 278
 Gehäuse 105, 114, 130, 132, 136, 140, 149,
 154, 168, 174 f., 177, 199, 204, 228, 253,
 259
 Gehäuse in der Elektronik 228
 Gehäuseteile 124, 127
 Gehörschutz 136
 Gelcoat 224
 Gelenkwellen 214, 225
Gelon 144
Geloy 131, 160
 Gelpermeationschromatographie 290
 gemischtzellig 247
 Geräteblenden 164
 Gerätekabel 245
 Geräte, sterilisierbar 110
 Geruch der Schwaden 272
 Gesamtschwindung 499
Gesan 125
 gesättigte Kohlenwasserstoffe 4
 Geschirr 164
 Geschirr für aufwärmbare Tiefkühlkost
 110
 Geschirrspülmaschinen 105, 233
 Geschirrrteile 127
 geschlossenzellig 247
 Getränkebehälter 209
 Getränkeflaschen 115
 Getränkemehrwegflaschen 164
 Getränkeschläuche 107, 117
 Getriebeteile 154, 175
 Gewächshausplatten 209
 Gewebe 98, 205, 220, 224
 Gewebebeschichtungen 117, 232
 Gewindedichtungsbänder 189
 Gießen 208
 Gießereimodelle 214
 Gießharze 48, 205
 Glasfasergehalt, Bestimmung 282
 Glashartgewebe 214

glasklar 484
Glasklarscheiben 164
Glasübergangstemperatur 7
Glasübergangstemperatur 35, 37, 44,
283, 286 f., 338, 424
Gleitbeläge 98 f.
Gleitebene 329
Gleitelemente 3, 98, 149, 154, 159, 174,
180, 259
Gleitgeschwindigkeit 408
Gleitkufen 189
Gleitlager 149, 159, 189, 199
Gleitmittel 25
Gleitpaarungen 410
Gleitpartner 408
Gleitreibung 410
Gleitreibungsbeiwerte 408
Gleitringdichtungen 199
Gleitverhalten 154
Gleitverschleiß 410
Gleitwalzen 189
Glühverlust 281
GMT 27, 107, 223, 225
GMT-Platten für Raumfahrzeuge 175
GPC 290
Granulatform 536
Gratbildung 175
Greenflex 100, 243
Grenz-Gebrauchstemperatur 424
Grenztemperaturen 37, 171
Grenzviskositätszahl 522
Griffe 98, 117, 159, 199, 204
– rutschfest 245
Griffe für Sportgeräte 245
Griffleisten 177
Grilamid 144, 240
Griflex 237
Grillgeräte 159, 199
Grilon 144, 240
Grilpet 155
Grivory 144, 183
Großrohre 109, 209
Grundplatten 227
gummielastisch 49, 341
Gummielastizität 229

Gummielmente 231
Gummifedern 231
Gummihärtegrad, internationaler 347
Gummiorten 231
Gummiwerkstoffe 4, 229
Gußpolyamid 149

H

Haartrockner 164, 175
Haftfestigkeit 210
Haftklebstoffe 52
Haftprobleme 53
Haftreibung 410
Haftung 222
Haftvermittler 25
Halar 190
Halbleiterbauelemente 177
Halbwert-Intervall 420
Halbzeuge 45
Hammerköpfe 136, 240
Handgriffe 98
Handlaminierten 205
Handleuchten 149
Handräder 199
Handschuhfächer 228
Handschuhfachklappen 168
Handschuhkästen 130
Handtaschen 117
Handverfahren 224
Hardcoating 163
Harnstoffharze 200
Härteprüfung 347
Härter 208
Hartschäume 217
Härtungsreaktion 287
Härtungsverhalten faserverstärkter
Duroplaste 527
Härtungszeit 529
Hart-Weich-Kombinationen 234, 246
Harzansatz 208, 212
Harze 193
Harzmatten 86
Häufigkeitsverteilung 268
Hauptreaktionszeit 525

- Hauptvalenzbindungen 13
 Haushaltgeräte 105
 Haushaltsartikel 101
 Hebel 159
 Heckleuchten 137
 heiß abfüllbare Lebensmittel 160
 Heißabfüllung 159
 Heißabschlag 536
 Heißprägefolien 159
 Heißprägen 53, 188
 Heißsiegelklebstoffe 52
 Heißwasserbehälter 105, 175
 Heißwasserleitungen 99
 Heißwasserschläuche 232
 Heißwasserzähler 182
 Heißwasserzählerteile 177
 Heizelementschweißen 52
 Heizgebläse 175
 Heizöltanks 98, 150, 209
 Heizung 233
 Heizungskanäle 105
 Heizungsrohre 98
 hellfarbige Elektroisolierteile 204
 hellfarbige Verschraubungen für die
 Kosmetik 204
 Helligkeit 575
 Helmvisiere 136
Heraform 151
Heramid A 144
Heramid B 144
 Herde 177
 Hersteller von Kunststoffen 595
 Herstellungsbedingungen für Probe-
 körper 296
 Herzklappen 233
 Hexamethylentetramin 198
 Hinterspritztechnik 45, 53
 Hinweisschilder 133, 136, 141
 Hitzeschutzschilde 182
 Hochfrequenzschweißen 52
 Hochleistungskunststoffe 171
 Hochleistungssanwichstrukturen 137
 Hochleistungssportbahnbeläge 240
 Hochleistungssportgeräte 214
 Hochleistungs-Verbundwerkstoffe,
 thermoplastisch 226
 Hochspannungsdurchführungen 189, 214
 Hochspannungsisolatoren 216
 Hochspannungskabel 98 f., 109
 Hochsprungstäbe 214
 Hochvakuumtechnik 180
 hochwärmebeanspruchte Leuchten 164
 Hocker 130
 Hockeyschläger 214
 Hohlkammerprofile 114
 Hohlkörper 98, 149, 225
 Hohlkörperblasen 45
 Homopolymerisat 21
 Homopolymerisate 3, 9, 102
 Honey-Comb 199
 Horizontalbrennprüfung 444
 Hornitex 201
Hostacom 102
Hostaform 151
Hostalen 94
 Hostalen ACP 101
 HPL 204
 HPLC 290
 Hülsen 227
 Hydraulikschläuche 239
 Hydraulikzylinder 149
Hydrex 205
 Hydrocerol 252
 Hydrolysebeständigkeit 149, 182
Hyflon 190
Hylar 190
Hylene 237
Hypol 247
 Hystereseschleife 254
Hytrel 157, 242
Hytrel RS 264
- I
- IC-Gehäuse 184
 Identifizierungsblock 79
 IIR 232
Impet 155
 Implantate 99, 182, 223

Implex 137
Indure 244
Industrieräder 242
Infrarotgeräte 159
Infrarotspektroskopie 288
Infusionsbehälter 106
Infusionsbeutel 98
Infusionseinheiten 164
Inhalator 98
Inlineskaterrollen 240
Inmould-Coating 53
Inmould-Dekorieren 53
Inmouldmarkieren 53
Innenausstattungen 175
InnenausstattungsgröÙteile 225
Innenraumleuchten 110
Innenteile in Flugzeugen 180
Inserttechnik 219
Inspire 102
Installationsrohre 98
Installationsteile 105, 141, 159, 177
Instrumente, chirurgische 149
Instrumententafeln 105, 228
Integralhartschaumstoff 253
Integralschaumstoffe 252
Integral-Schaumstoffe 247, 251
intergrale Fertigung 3
interlaminaer Bruch 336
interlaminaere Scherbeanspruchung 222
IRHD 347
Isobutylen-Isopren-Kautschuk 232
Isochrone Spannung-Dehnung-Kurve 387
isochrone Spannung-Dehnung-Linien 390
Isolationen 189
Isolationsfolien 180, 191
Isolationsteile 177
Isolatoren 214
Isolierbänder 117
Isolierfolien 121
Isolierkappen 199
Isolierplatten 199
Isolierrohre 114
Isolierschläuche 189, 191

Isolierteile 191
Isolierungen 98, 254
Isoplast 237
Isotal 151
Isotropie 222
Ixef 150
Izod-Schlagzähigkeit gekerbt 381
Izod-Schlagzähigkeit ungekerbt 381

K

Kabelbinder 98, 149
Kabelendverschlüsse 216
Kabelführungskanäle 114
Kabelisolationen 231
Kabel-Isoliermassen 246
Kabelisolierungen 117, 174, 189, 191, 233
Kabelkanäle 169
Kabelmäntel 232 *f.*
Kabelschächte 149
Kabelstecker 117
Kabelüberzüge, abriebfest 149
Kabelummantelungen 101, 105, 117, 182, 191, 232, 239, 244 *f.*
Kabelummantelungen, flexibel 245
Kaffeefilter 105, 164
Kaffeemaschinen 110, 164, 168, 175
Kaladex 156
Kalandrieren 47, 231
Kaltabschlag 536
Kälteindustrie 180
Kälterichtwert 338 *f.*, 423
Kälteschutzanzüge 254
Kalthärtung 208, 212
Kaltpressen 224
Kaltumformen 49
Kaltwasserpumpen 164
Kameras 163
Kämme 122, 136
Kanavec-Plastometer 524
Kanister 98
Kanten 189
Kantenbeflammung 453
Kapillarrheometer 520
Kapillar-Rheometer 517

- Kapton* 178
Kardanwellen 214
Karosserieaußenteile 165, 228
Karosserieteile 130, 216, 225, 227f.
Kathedr 101, 241
Kautschuk 229
Kautschukgruppen 90
Kautschukverarbeitung 49
Kebaform 151
Kebater 155
Keilriemen 159, 242
Keimzahl 20
Kelon A 144
Kelon B 144
Kennbuchstaben 76
Kennwerte
– Zugversuch 306
Kennzeichnung 3
Kennzeichnung von Elastomeren 89
Kennzeichnung von Formmassen 535
Kennzeichnung von Formteilen 78
Kennzeichnung von Kunststoffen 73
Kennzeichnung von Zusätzen 77
Keramikaustausch 214
Kerbempfindlichkeit 365
Kerben 363, 407
Kerbform 365
Kerbschlagzugzähigkeit 384
Keripol 205
Kernanlagen 180
Kernausschmelzverfahren 44
Ketaspire 181
Kettenfahrzeuge 242
Ketten für Schneemobile 242
Kettenlänge 5
Kettenteile 159
Kevlar 172, 220
Kfz-Außenteile 140, 228
Kfz-Innenteile 228
Kfz-Scheinwerferscheiben 163
Kfz-Schläuche 233
KFZ-Sitze 254
Kfz-Verschiebungen 163
Kfz-Zündanlagen 159
Kibilac 131
Kibisan 125
Kindersicherheitsitze 119
Kinderskier 253
Kinderstühle 130
Kitte 199
KKB 98
Klärbecken 216
Klassifizierung von Kunststoffen 339
Klebebänder 52
Klebemaschinen 189
Kleben 52
Klebstoffe 52, 199
Kleiderbügel 124
Kleinmöbel 124
Kleinstgetriebe 154
Kleinverpackungen, sterilbefüllbar 98
Klemmen 204
Klimaanlagen 105, 168
Knetter 189
Knoophärte 348
Knöpfe 209
Koffer 117, 133
Kofferschalen 106, 130
Kohlebürstenhalter 177
Kohlenstoff 4
Kohlenstoffatom 4f.
Kohlenstoffdioxid durchlässigkeit 492
Kohlenstoff-Nanoröhrchen 27
Kolben 98
Kolbenringe 189
Kollektoren 214
Kollektorisolationen 199
Kollektorisolierungen 199
Kommunikationstechnik 165
Kommutatoren 204, 214
Kompostierbarkeit 262
Kompostierbarkeitszeichen 56
Kondensationspolymerisation 10
Kondensatorbecher 169
Kondensatoren 180, 214
Kondensatorfolien 159, 174, 177
Konditionieren 41, 51, 148, 497
Konditionierprogramme 498
Konditionierung, beschleunigte 497
Konditionierverfahren 497

- Konfektionierung 25
- Konstruktionsteile im Flugzeugbau 225
- Kontaktklebstoffe 52
- Kontaktleisten 163, 199, 204, 210
- Kontaktträger 169, 214
- Kontaktumhüllungen 177
- Kontrollehren 214
- Kontroll-Leuchten 174
- Kopfstützen 168
- Kopiermodelle 214
- Kopierwerkzeuge 210
- Koresin* 195
- Korex* 195
- Kornform 536
- Korngröße 536
- Korrosionsschutz 191
- Korrosionsschutzüberzüge 98
- Korton* 190
- Kostil* 125
- Kotflügel 105, 168
- Kraft 583
- Kraft-Durchbiegungs-Diagramme 380
- Kräfte zwischen den Molekülketten 8
- Kraftstoffeinspritzanlagen 177
- Kraftstoffschläuche 232
- Kraftstoffsysteme 154
- Kratzbeständigkeit 358
- Kratzgeschwindigkeit 356
- Kratzprüfung 356
- Kratzspitze 356
- K-Resin* 119, 122
- Kriechdehnspannung 387
- Kriech-Dehnung 387
- Kriechen 34, 388
- Kriechkurven 389 f.
- Kriechmodul 397
- Kriechmodulkurven 398
- Kriechwegbildung 478
- Kristallinität 7, 18
- Kristallisation 434
- Kristallisationsenthalpie 283
- Kristallisationsgrad 19, 285, 288
- Kristallisieren 286
- Kristallitschmelzpunkte 19, 142, 150
- Kristallitschmelzpunkte von Polyamiden 144
- Kristallitschmelztemperatur 7, 35, 37, 44, 274
- kritische Belastung 356
- kritische Normalkraft 357
- Küchengeräte 105
- Küchengeschirr 105
- Küchenmaschinen 130
- Küchenmaschinenteile 164
- Küchenmöbel 204
- Küchenspülen 159
- Küchenherdteile 182
- Kühlwasserkreislauf 184
- Kugeldruckhärte 347, 349
- Kugeleindrückverfahren 557
- Kugelschreiber 130, 136
- Kugelschreibergehäuse 164
- Kühlboxen 119
- Kühlerblenden 130
- Kühlergrill 149
- Kühlschrankbau 253
- Kühlschrankinnenbehälter 124
- Kühlschrankverkleidungen 124
- Kühlwasser 233
- Kühlwasserausgleichsbehälter 105
- Kühlwasserbehälter 263
- Kühlwasserkreislauf 149
- Kunstlederbezüge 117
- Kunstrasen 98
- Kunststoffabfälle 59
- Kunststoffe 134
- Kunststoffe, geschäumt 247
- Kunststoffe zum Einsatz bei höheren Temperaturen 171
- Kunststoff-Kraftstoffbehälter 98
- Kunststoffmarker 64
- Kunststoffmischungen 22
- Kunststoffspezifikation 308
- Kunststoffverarbeitungswerkzeuge 210
- Kupplungen 159
- Kupplungselemente 149, 217, 240
- Kupplungsteile 154
- Kuramiron* 237
- Kurvenscheiben 159

- Kurzzeichen 74
K-Wert 522
Kynar 190
- L**
- Labor 110
Laborartikel 191
Laborgeräte 175, 189, 191
Labortechnik 164
Lacea 264
Lack, antistatisch 260
Lacke für Oberflächenschutz 214
Lackieren 53
110
Ladeluftkühler 184
Ladeluftrohre 149
Ladene 94
Lager 3, 99, 154 *f.*, 191, 199, 239, 259
Lagerbuchsen 149, 180
Lagerfähigkeit 198, 203
Lagerringe 227
Lagerschalen 199
Lagerschilde 149
Laminiertechnik 224
Laminierungen 262
Lampen 130, 175
Lampenfassungen 175, 177, 199
Lampenhalterungen 168
Lampenschirme 136
Lampensockel 159, 210
Längenausdehnungskoeffizient,
thermischer 433
Lapex A 172
Larton 175
Laserbeschriftung 53, 154
Laserbohren 53
Laser-Hybridschweißen 52
Laserschneiden 53
Laserschweißen 52
Lasersintern, selektives 47
Lastane 247
Lastil 125
Lastilac 127
Lastspielzahlen 400, 403
Lasulf 172
Latan 151
Later 155
Latex 231
Latexbehälter 189
Latiblend 160
Latilon 160
Latiohm 260
Laufräder 154, 159, 227
Laufrollen 99, 149, 159, 234, 242
Laufrollenbeläge 240
Laufschicht 410
Laufschienen 159
Lautsprechergehäuse 168
Laxtar 258
LCD 174
LC-Polymere 20, 257
LCP-verstärktes Polycarbonat 165
LCP-Verstärkung 175
Lebensmittelbereich 180
Lebensmitteltechnik 175
Lebensmittelverpackungen 107
LED 259 *f.*
LED-Ummantelungen 163
Lehrspielzeug 149
Leichtbauelemente 253
Leichtbautechnik 219
Leistung 584
Leiterplatten 180, 182, 214
leitfähige Zusatzstoffe 30
Leitfähigkeitsruße 259
Leitwerke 214
Lendenwirbel 182
Lenkräder 165, 254
Lenkradkränze 209
Lenksäulenverkleidungen 130, 168
Leuchtbuchstaben 141
Leuchten 121, 136, 163
Leuchtenabdeckungen 127, 136 *f.*, 140,
164
Leuchtengehäuse 159, 168, 199
Leuchtensockel 204
Leuchtwannen 140
Levamelt 243
Levapren 100, 243

Lexan 160
Lexan PPC 164
LFT-Verfahren 107
Lichtbänder 140
Lichtbeständigkeit 579
Lichtdurchlässigkeit 483
Lichtechtheit 579
Lichteinfluss 27
lichthärtende UP-Harze 208
Lichtkuppeln 114, 136, 209
lichtleitende Bauelemente 163
Lichtleitfasern 140 *f.*
lichtsammelnde Bauelemente 163
lichtsammelnde Polycarbonate 161
Lichtschächte 177
Lichtschalter 169
Lichtwellenleiter 159, 174
Lieferanten von Kunststoffen 595
Liegemöbel 133, 210
Liftec 52
Lineale 164
Lineare Polyester 155
Linsen 101, 140, 163, 234
Literaturhinweise 587
LKW-Aufbauten 209 *f.*, 216
Lkw-Reifen 231
Lochkerbe 364
Lomod 242
Ionomere 107
Lösemittelklebstoffe 52
Löseverhalten 507, 510
Lösungsverhalten 40
LSR 233
Lucalen 94, 107
Lucite 137
Luflexen 94, 101
Lüfter 114, 168
Lüfterflügel 105
Lüfterhauben 98
Lüferräder 149, 154, 164
Luftfahrt 182
Luftschläuche für Reifen 232
Lüftungskanäle 105, 114
Lüftungsschächte 114
Lumisil 234

Lunker 543
Lupen 140
Lupolen 94
Lupranol 247
Lupranol Balance 264
Luran 125
Luran S 131, 160
Luranyl 166
Lustran 125
Lustran ABS 127
Luwax 94
Lycra 247

M

MABS-Formmassen 136
Magnetkarten 159
Magnum 127
Mahlgut 59 *f.*, 536
Makroblend 160
Makrofol 160
Makrolon 160
Makromoleküle 5
MAK-Werte 57
Manometrisches Verfahren 540
Manschetten 99, 232, 240
Marlex 94
Marnot 160
Maschinenbettungen 217
Maschinen, landwirtschaftliche 133
Masse 583
Masse, molare 290
Masse-PVC 111
Massetemperatur 44
Maßhaltigkeit 543
Masterbatch 29, 60
Materialeingangsprüfungen 535
Matrix 219
Matten 205, 220, 224
Mauerdübel 149
MBS-Formmassen 136
mechanisches Verhalten 34
Medizin 110
medizinische Artikel 246
medizinische Geräte 175

- medizinische Instrumente 169, 182
 Medizintechnik 99, 101, 127, 136 *f.*, 154, 175, 259
 Mehrfachbindungen 5
 Mehrkomponentenspritzguß 53
 Mehrschichtbehälter 489
 Mehrschichtenfolienverbunde 219
 Mehrschichtextrusion 53
 Mehrschichtfolien 101, 149
 Mehrschicht-Verbundlager 189
 Mehrschichtverpackungen 141
 Mehrschicht-Verpackungsfolien 159
 Mehrweg-Getränkeflaschen 159
 Mehrwegpfandflaschen 164
 Melaminharze 200
 Melamin-Phenol-Harze 200
Meldin 178
Melinar 155
 Melinex 156
 Membranen 175, 189, 191, 231 *f.*, 234, 242
 Membranen für künstliche Nieren. 233
 Menueschalen 159
 Merkmale 268
 Merkmale-Datenblöcke 79
 Meßfühlerhalterungen 184
 Metallisieren 53
 Metallocene 93
 Metallocenkatalysatoren 103
Metocene 102
 MF 200
Microthene 243
 MID 106, 260
 MID-Baugruppen 177
 Mikrofasern 60
 Mikroskopie 561
 Mikroskopierverfahren 564
 mikroskopische Untersuchungen 561
 Mikroskopteile 163
 Mikrospritzgießen 45
 Mikrotiterpaletten 98
 Mikrotom 562
 Mikrowellengeschirr 175, 180, 259
 Mikrozellenstruktur 252
 Miniaturisierung 259
Miramid 144
 Mischbatterien 149
 Mittelkonsolen 130, 228
 Mittelwert, arithmetischer 268
 Möbel 141
 Möbelbau 253
 Möbelscharniere 149
 Möbelteile 141
 Modellbau 137
 Modelle 209
 Modellspielwaren 136
 Modeschmuck 122, 141
 Modifikationen 74
 modifizierte Polyphenylenether 165
 Modifizierung 21
 Modul
 – komplexer 338, 347
 molare Masse 15
Moldflon 185
 Moldflow 568
 Molekülanordnung 7
 Molekulargewicht 15
 Molekulargewichtsverteilung 511
 Molekülgrößenverteilung 291
 Molmassenverteilung 101, 290
Moltopren 247
 Monofile 98, 106
 Monomer 5
Moplen 102
 Motorengehäuse 149
 Motorflugzeuge 209
 Motorhauben 168
 Motorlager 231
 Motorradhelme 149
 MP 200
 MuCell-Verfahren 45
 Mulchfolien 262
 Müllbeutel 262
 Multi-Layer-Flaschen 159
 MVR 512
 Mylar 156
- N**
- Nachbehandlungen 51
 Nachbrennen 444

Nachglimmen 444
Nachhärten 51
Nachhärtung 503
Nachkristallisation 51, 286, 503
Nachschwindung 51, 434, 499
Nähmaschinenteile 164
Nahtmaterialien 149
Nano-Füllstoffe 27
Nanopulver 260
Nasspressen 224
Nasswascher 177
NatureFlex 264
Naturfasern 27
Naturgummi 261
Naturkautschuk 231
NBR 231
Nebervalenzbindungen 13
Nebervalenzen 8
Neoflon 185, 190
Neonit 215
Neopolen 247
Neopor 247
Neostar 242
Nettoschwindung 529
Nichtbruch 380
Nieten 52
Nivionplast A 144
Nivionplast B 144
Nockenscheiben 149
Normbezeichnung 79
Normbezeichnungen für thermoplastische Formmassen 79
Norm-Durchbiegung 330
Normfarbwerte 577
Normung 4
Normung von Duroplasten 84
Noryl 166
Novex 243
Novodur 127
NR 231
Nukleierungsmittel 20, 25, 51, 80, 566
Nylatron 144
Nymax 144
Nypel 144

O

Oberflächenbehandlungen 53
Oberflächenbehandlung, prozessorientiert 45
Oberflächeneffekte 367
Oberflächenfehler 407
Oberflächengüte 408
Oberflächenmodifizierung 53
Oberflächenvergütung 163
Oberflächenwiderstand 461
Oberlichter 141
offenzellig 247
Ökobilanz für PVC 110
Oldopal 205
OLED 174, 260
Ölfilter 149
Ölflaschen 115
Ölkannen 136
Ölwannen 149
Ölwannenentlüftungen 184
Onflex 244
Onflex-S 245
Onflex-U 237
Online-Lackierung 228
opak 484
Optik 259
optische Datenspeicher 163 f.
Ordnungskästen 122
Ordnungssystem 4
Orel 156
Orevac 94
Orgalloy R 144
Orientierung 17
Orientierungen 288, 545
Orifice-Flow-Test OFT 198
O-Ringe 232, 242
Orthopädie 141
Outsert-Technik 154, 219
Oxoabbaubarkeit 262

P

PA 141
PA-Blends 151, 228

- Packungen 189
- PAI 150
- Palapreg* 205
- Palatal* 205
- Paletten 209
- Papierbeschichtungen 244
- Parabolspiegelantennen 210
- Paraffine 5
- Paraglas 137
- pasteurisierbare und heißabfüllbare Verpackungen 159
- Paxon* 94
- PB 108
- PBT 155
- PBT-Blends 228
- PC 160
- PC-Blends 164, 228
- PC-Copolymere 164
- PCW 106, 260
- PDAP 215
- Peaktemperatur 287
- Pebax* 240
- Pebax Rnew* 263
- PEEK 181
- PE-HD 95
- PE-HD-HMW 99
- PE-HD, multimodal 101
- PE, hergestellt mit Metallocen-katalysatoren 101
- PEK 181
- PE-LD 94
- PE-LLD 94, 98
- Pellethan* 237
- PEN 159
- Pendeltüren 117
- Permeation 41, 489
- Perspex 137
- PES 172
- PET 155
- Petal* 155
- PET-Flaschen, Sammlung 60
- PET-Prefonus 158
- Petra* 155
- PE-UHMW 99
- PE-X 99
- PF 194
- Pfannengriffe 199
- PF-Formmassen 195
- Pflanzschalen 133
- Pfropfpolymerisate 3
- Pfropfpolymerisation 21
- Phenol 11
- Phenolformaldehyd 11
- Phenoplaste 194
- Photovoltaik 140
- Pibiter* 155
- Pigmente 28
- Pinzetten 175
- Pipeline-Rohre 210
- Pipelon 144
- Pit-Abformung 164
- PK 169
- Pkw-Reifen 231
- Plasmabehandlung 53
- Plastisoltechnologie 117
- Platinen 177
- plattenförmige Auflager 189
- Platten mit LED-Einfärbungen 140
- Plexiglas 137
- PMC 48, 84, 193, 209, 213
- PMI 137
- PMMA-Blends 136
- PMMI 137
- PMP 109
- pneumatische Steuerungen 164
- Pocan* 155
- polare Kräfte 13
- Polieren 53
- Polstermöbel 254
- Polyabs* 127
- Polyacetale 151
- Polyacetylene 260
- Polyaddition 12
- Polyalkylenterephthalate 155
- Polyamid 261
- Polyamid-Blends 145
- Polyamid-Copolymere 141
- Polyamide 141
- Polyamide, hochwärmebeständig 150
- Polyamide, Unterscheidungs-möglichkeiten 274

- Polyamid-Homopolymere 141
- Polyamidimid 150
- Polyanilin 260
- Polyarylamid 150
- Polyaryletherketone 181
- Polyarylsulfone 172
- Polyasa* 131
- Polyblends 157
- Polybuten 108
- Polybutene-1 108
- Polybutylenterephthalat 155
- Polycaprolacton 261
- Polycarbonat 160
- Polycarbonate 172
- Polycarbonat-Siloxan-Copolymer 165
- Poly-DCPD-Harze 216
- Polydiallylphthalat 215
- Polyesteramide 261
- Polyesterelastomere 157, 241
- Polyester-Elastomere 159
- Polyester/Polyether-Urethan-Kautschuke 234
- Polyetheramide 240
- Polyethylen 93
- Polyethylenedioxythiophen 260
- Polyethylenaphthalat 159
- Polyethylenterephthalat 155
- Polyflon* 185
- Polyform* 151
- Polyhydroxyalkanoate 261
- Polyimiden 171
- Polykondensation 10
- Polylac* 127
- Poly lactide 261
- Polylite* 205
- Polylux* 160
- Polyman* 160
- Polymerblend (PET+PEN 159
- Polymerblends 3, 22, 74, 227, 234
- Polymergemische 3
- Polymerisation 9
- Polymerisationsbeginn 527
- Polymerisationsgrad 15 f.
- Polymerisatmischungen 74, 271
- Polymerkombinationen 21
- Polymerlegierungen 3, 22
- Polymermischungen 77
- Polymethacrylatmethylimid 137
- Polymethacrylimid 137
- Polymethylmethacrylat 136
- Polymethylpenten 109
- Polymist* 185
- Polyolefine 93
- Polyone* 155
- Polyoxymethylen 151
- Polyphenylenether 165
- Polyphenylensulfid 175
- Polyphthalamid 183
- Polyphthalamide 141
- Polyplex* 137
- Polypropylen 102
- Polypropylen PP-MC 106
- Polypyrrole 260
- Polysaccharide 261
- Polysan* 125
- Polyshine* 155
- Polystyrol, syndiotaktisch 118
- Polytetrafluorethylen 185
- Polyurethanchemie 12
- Polyurethane 12
- Polyurethan-Elastomere 236
- Polyvin* 110
- Polyvinylalkohol 261
- Polyvinylbutyral 261
- Polyvinylchlorid 110
- Polyvinylchlorid mit Weichmacher 115
- Polywood* 119
- POM 151
- POM-HI 154
- Potentiometerteile 159
- PP 102
- PPA 183
- PP-E 106
- PPE 165
- PPE-Blends 228
- PP-Elastomer-Blends 106
- PP-E(P)DM-Blends 228
- PP-M 103
- PP mit definierter isotaktischer Sequenzlänge 106

- PP mit enger Molekülgrößenverteilung 106
 PPS 175
 Prägefolien 114
 Prägen 47
 Prallverschleiß 408
 Präzisionsteile 154, 214
 Premix 48
 Prepregs 48, 193, 205, 224, 226
 Pressen 48, 231
 Presssintern 187
 Pressverfahren 224
 Pressvulkanisation 49
 Prismen 140
 Prismenscheiben 140
 Prismex 137
Profax 102
 Profile 199, 246
 Profile, flexibel 244
Profilen 185
 Profilplatten 209
 Projektionsgeräte 168
 Prothesen 99
 Prozessparameter 44, 270
 Prozessüberwachung 44, 270, 542
 Prüfbedingungen 298
 Prüfberichte 267
 Prüfergebnisse 267
 Prüfflüssigkeiten 277
 Prüfgeschwindigkeit 312
 Prüftemperatur 363
 Prüfung des Formstoffs im Formteil 541
 Prüfung des ganzen Formteils 543
 Prüfungen, mechanisch 305
 Prüfungen, optische 481
 Prüfungen, thermisch 411
 Prüfungen zur Ermittlung der Brandgefahr 443
 Prüfung von Kunststoffen 265
 Prüfung von Kunststoff-Formteilen 541
 PS 118
 PS-(H)I 118
 PS-Modifikationen 22
 PS-S 118
 PSU 172
 PTFE 185
 PTI 478
 Puffer 240
 Pultrudieren 208, 213
 Pumpen 114, 168, 214
 Pumpenanlagen 177
 Pumpenelemente 154
 Pumpengehäuse 105, 149, 228
 Pumpenlaufräder 168, 182
 Pumpenmembranen 241
 Pumpenteile 154, 159, 177, 184, 189, 191, 199
 Puppen 117
 PUR 216, 236, 253
Purell 94
 PUR-Gießharze 216
 PUR mit Naturfasermatten 252
Pursil 247
 PUR, thermoplastisch 237
 PUR, vernetzt 237
 PVC 110
 PVC-Arten 111
 PVC-C 112
 PVC-E 111
 PVC-HI 110
 PVC-M 111
 PVC-P 115
 PVC-P-Pasten 117
 PVC-Profile, Sammlung 60
 PVC-S 111
 PVC-U 112
 pvT-Diagramme 517
 $p \cdot v$ -Wert 409
 Pyknometer 275
 Pyrolyseöle 59
- Q**
- Qualität 44
 Qualitätskontrolle 505, 520
 Qualitätsprüfung 512
 Qualitätssicherung 517
 Qualitätsweichen 542
 quasi-gummielastisch 37
 Quellfluss 568

Quellverhalten 40, 507
Questra 119
Quietschgeräusche 155

R

Radblenden 168
Radel A 172
Radiatoren 105
Radilon A 144
Radilon S 144
Radioblenden 228
Raditer B 155
Raditer E 155
Radkastenauskleidungen 106
Radzierblenden 149
RAL-Farbkarte 575
Ralupol 205
Ramextrusion 188
Randleisten 117
Randomblockcopolymer 103
Random-Copolymer 21, 102
Rapid Prototyping 43, 148
Rasen, künstlicher 106
Rasenmähergehäuse 133
Rasierapparategehäuse 164
Rasterelektronenmikroskopie 568
Rauchentwicklung 440
Rauchgasentschwefelung 169
Rauchgasentwicklung, geringe 175
Raumfahrt 180, 182, 259
Raumfahrttechnik 210
Raumgewicht 248
REACH 57
Reaktion der Schwaden 272
Reaktionsharze 205
Reaktionsharzmassen 205, 208
Reaktionsmittel 10
Reaktionsschäume 54
Reaktionsschaumguss 252
Reaktionsschwindung 529
Reaktivität 527
Recycling 28, 46, 55, 290
Recycling, chemisches 66
recyclinggerecht 65
Recycling, Hydrierung 68
Recycling, pyrolytische Behandlung 68
Recycling, rohstoffliche 59, 66
Recyclingschema 60
Recycling, solvolytische Verfahren 67
Recycling, thermische Verfahren 67
Recycling, Vergasung 68
Recyclingzeichen 64
Reflektoren 175, 177
Reflexionsfolien 159
Regalsysteme 105
Regelkarten 269
Regenerat 60, 230
Regenfallrohre 114
Regenmäntel 117
Regranulat 60
Reibbeläge 199
Reibschweißen 52
Reibung 41, 408, 410
Reibungskoeffizient 42, 410
Reifen 242
Reifen, schlauchlos 232
Reifung faserverstärkter Duroplaste 531
Reinheit 61
Reißverschlüsse 154
Reklameartikel 141
Reklameschilder 136
Relaisgehäuse 184
Relaisteile 121, 174
Relaxation 389
Relining 117
REM 569
Remex 160
Resinol 195
Resopal 201
Restspannung 387
Retardation 388
Retelan 127
Rettungsringe 119
Rezyklat 58, 60, 65
Rezyklatschicht 46
Rheometrie 515
Riemenscheiben 149
rieselfähige Formmassen 84, 193
Rieselfähigkeit 536, 539

Rigidex 94
Rigipor 247
Rilsan 144, 263
RIM 252
RIM, R 54
Rissbildungsgrenze 557
Riteflex 242
Ritzstichel 359
Rockwellhärte 347, 353
Rohacell 137, 247
Rohdichte 248
Rohraufweiten 49
Rohre 109, 117, 133, 159, 189, 191, 225, 241 f., 244
Rohre, Abwasserbereich 101
Röhrenfassungen 163
Röhrensockel 189, 191
Rohrleitungen 105, 141, 149, 214
Rohrposthülsen 149, 164
Rohrpostleitungen 114
Rohrverbinder 114
Rolladenstäbe 114
Rollen 154, 159, 217
Rollschuhe 234
Rollschuhrollen 240
Rotationsformen 47, 98, 149
Rotationsgießverfahren 117
Rotationsschmelzen 47, 98
Rotationsschweißen 52
Rotorblätter 214, 225
Rovings 205, 220, 225
Roving-Spannverfahren 208, 213
RRIM 252
RSG 247
RTI 422
RTV 234
Rückdeformation 35
Rückenlehnen 149
Rückfederungseffekte 53
Rücklaufmaterial 59
Rückleuchten 140
Rückstände 272, 281
Rückstrahler 140
Rulon 185
Ruß 28

Rütaphen 195
Rütapox 211
Rütapur 247
rutschfeste Unterlagen 245
Rynite 155
Ryton 175

S

Säcke 106
SAN 118
Sandalen 117
Sandwichbauweise 219, 249
Sandwichelemente 254
Sandwichkonstruktionen 214, 253
Sandwichspritzgießverfahren 252
Sanitärgegenstände 133, 204
Sanitärinstallationsmaterial 130
Sanitärtechnik 159
Sanitärteile 184
Sanitärzellen 141
Santoprene 244
Sauerstoffabsorber 25
Sauerstoffdurchlässigkeit 492
Sauerstoff-Index 453
Saugfüße 117
SB 118
SBR 231
SBS-Blockcopolymerer 119
Schadenslinie 390
Schadensursache 561
Schädigungsart 356 f.
Schädigungsdeformationen 556
Schädigungsmerkmal 571
Schälfolien 182
Schallplatten 114
Schallschutzelemente 246
Schaltelemente 204
Schalter 105, 159, 169, 204
Schaltergehäuse 199, 210
Schalterteile 140, 174, 191
Schaltkasten 169
Schaltknöpfe 136
Schaltschütze 199
Schaltungen, flexibel 191

- Schalungen 209
- Scharnierbruch 364
- Scharniere 154, 159
- Schaugläser 121, 127, 164
- Schäumen 54
- Schaum, halbhart 248
- Schaum, hart 248
- Schaumstoffe 106, 117, 199, 234, 247
- Schaumstoffe, hart 251
- Schaumstoffe, weichelastisch 254
- Schaumstoffplatten 114
- Schaumstoffstützkerne 249
- Schaum, weichelastisch 248
- Schäumwerkzeuge 214
- Scheibenwaschanlagen 149
- Scheibenwischerblätter 241
- Scheibenwischergummi 231
- Scheinwerfergehäuse 105, 127, 184
- Scheinwerferreflektoren 175
- Scheinwerfer-Reflektoren 177
- Scherzonen 566
- Schichtpressen 198
- Schichtpressstoffe 48
- Schichtpressstofftafeln 215
- Schichtstoffplatten, dekorativ 204
- Schieberführungen 154
- Schienenbefestigungen 242
- Schienenfahrzeuge 209
- Schienenkörper 136
- Schiffsbau 225
- Schiffsschrauben 149
- Schlagbiegeversuche nach Charpy 365
- Schlagbiegeversuche nach Izod 381
- Schlagenergie 370
- Schlagenergie beim Bruch 370
- Schlagpressen 187
- Schlagversuche 363
- Schlagzähigkeitsprüfung, instrumentiert 370
- Schlagzähmodifizierung 21
- Schlagzugversuch 383
- Schlagzugzähigkeit 384
- Schlauchboote 117
- Schläuche 117, 159, 189, 191, 231, 233, 241 f., 244 ff.
- Schlauchfolienblasen 45
- Schlauchleitungen 263
- Schleifen 53
- Schleifmittel 199
- Schleifteller, flexibel 240
- Schleuderverfahren 208
- Schließzeit 523
- Schloßteile 149
- schmalseitig 365
- Schmelze-Massenfließrate 512
- Schmelzen 286
- Schmelzenthalpie 283, 286
- Schmelzetemperatur 542
- Schmelze-Volumenfließrate 512
- Schmelzindex 512
- Schmelzklebstoffe 52, 109, 191, 244
- Schmelzpeak 287
- Schmelztemperatur 283, 285, 287, 338
- Schmelzverhalten 272
- Schmelzwärme 286
- Schmierelemente 199
- Schmierung 408
- Schnappelemente 154
- Schnappen 52
- Schnappverbindungen 3, 152, 154, 175
- Schneckspritzgießmaschine 44
- Schnellkonditionierung 498
- Schnittbedingungen 53
- Schokoladeformen 164
- Schrankelemente 130
- Schrankkorpuse 253
- Schrauben 149, 154
- Schraubverbindungen 389
- Schreibgeräte 141
- Schreibmaschinentasten 136
- Schriftschablonen 164
- Schrumpfelemente 99, 545
- Schrumpffolien 35, 98
- Schrumpfschläuche 117, 191
- Schrumpfsysteme 35
- Schrumpfung 17, 499, 505, 547
- Schubkästen 124
- Schubläden 253
- Schubmodul 338
- Schubmodul-Temperatur-Diagramm 424

- Schubmodul-Temperatur-Kurven 338 f.
Schubspannungsbruch 336
Schuhabsätze 106, 130, 136
Schuhleisten 124
Schuhsohlen 107, 117, 241, 246, 254
Schulaform 151
Schüsseln 122, 140
schußsichere Bekleidung 172
Schüttgewicht 536
Schutzabdeckungen 164
Schutzanzüge 117
Schutzbrillen 136, 164
Schutzhandschuhe 117
Schutzhelme 130, 164
Schutzhelme, Einsätze 119
Schutzschalter 163
Schutzschilde 164
Schwachstellen 542, 570
Schwallbadlötungen 177
Schwebeverfahren 276
Schweißbacken 189
Schweißen 38, 52
Schweißnaht 567
Schwellbeanspruchung 401, 403
Schwimmbäder 209
Schwimmbeckenauskleidungen 117
Schwimmhilfen 119
Schwimmtiere 117
Schwimmwesten 254
Schwindung 499
Sclair 94
Scotchply 211
Segelflugzeuge 209
Seile 98, 149
Seitenfenster 137
Seitenschutzprofile 168
Sekantenmodul 311, 399
Sektorkorken 98
Sekundär-Kunststoff 58 f.
Selbstklebefolien 117
Sensoren 149, 177, 184, 260
Sensorgehäuse 150
Sequenzpolymere 21
Serfene 190
Sessel 136
Sesselschalen 253
Setlilthe 133
Shore-Durometer 355
Shorehärte 347
Shore-Härte 354
SI 215
Sicalit 133
Sicherheitsabdeckungen 141
Sicherheitsteile 184
Sicherheitsverglasungen 164
Sicherungsgehäuse 169
Sicherungskästen 163
Sichtgläser 110
Sichtkontrolle 543
Sichtscheiben 101, 127
Siebe 98, 177
Signalampelgehäuse 133
Signifikanzniveau 270
Sigrafil 220
Sigratex 220
Silicone 4
Siliconharzmassen 215
Siliconkautschuk, flüssig 233
Siliconkautschuk, kalthärtend 234
Siliconkautschuk LSR 233
Silofolien 117
Siltem 178
Simulationsprogramme 568
Single-site 101
Single-Site 93
Sinkral 127
Sink-Schwimm-Methode 276
Sinterüberzüge 136
Sintimid 178
Sitzmöbel 133, 210
Sitzschalen 130, 149, 225
Skalen 140, 164
Skalenscheiben 127
Skateboardrollen 240
Skibindungsteile 149, 154
Skier 214
Skinverpackungen 49, 107, 115
Skischuhe 240
Skistockgriffe 245
Skistockteller 244

- SLS 47
- SMA 128
- SMC 48, 84, 193, 209, 213, 224
- SMC-Matten 149
- SMC-Verfahren 225
- SMD-Technik 174
- Smith-Diagramm 406
- SMT-Teile 150
- Sockel 177, 214
- Sockelkitte 199
- Sofita 220
- Sohlen für Sportschuhe 240
- Solarzellen 260
- Solef* 190
- Solvin* 110
- Sommerskipisten 106
- Sonderharze 215
- Sonnendächer 137
- Sonnenkollektoren 191
- Sorona PTT 264
- sortenähnlich 61
- sortenrein 61
- Spangebende Bearbeitung 53
- Spannung 583
 - wahre 310
- Spannung-Dehnung-Diagramm 310, 312
- Spannung-Dehnung-Diagramm, isochrones 390
- Spannung-Durchbiegung-Kurve 336
- Spannungsrißbeständigkeit 557
- Spannungsrißbildung 33, 40, 507
- Spannungsrisse 390
- Spannungsrißverhalten 543, 548
- Spannung-Stauchung-Diagramm 326
- Spannweite 269
- Spectar* 155
- Speichermodul 338, 347
- Speicher, optische 140
- Sperrfolien 149
- Sperrschicht 489
- Spezialverbundfolien 189
- spezifische Oberfläche 400
- spezifische Wärme 286
- Sphärolithe 20, 565
- Sphärolithenkreuz 20
- sphärolithfreier Rand 565
- Sphärolithgrenzen 20
- Spiegelemente 175
- Spiegelgehäuse 149, 168
- Spiegelteile 159
- Spielwaren 124
- Spielzeug 98, 122
- Spielzeugbausteine 130
- Spielzeuge, aufblasbar 244
- Spielzeug, technisches 130
- SPIRIT 498
- Splitterbruch 380
- Spoiler 105 *f.*, 130, 168
- Sportartikel 159, 184
- Sportbrillen 149
- Sportgeräte 137, 253
- Sportschuhbereich 263
- Sportschuhe 107, 241 *f.*
- Spritzblasen 46
- Spritzgießen 44, 48, 231
- Spritzkuchen 59
- Spritzpressen 48, 231
- Sprödbbruch 363, 380
- Sprüharme 168
- Spulenkörper 98, 121, 124, 149 *f.*, 154, 159, 163, 169, 174, 177, 184, 191, 210, 259
- Spulenträger 199
- Spülmaschinen 168
- Stäbchen-Methode 524
- Stabilisatoren 25, 27
- Stamylan* 94
- Standardabweichung 269
- Standbeutel 105, 159
- Stanyl* 144
- Stapelfasern 205
- Stapelkasten 124
- Stapron* 160
- Staramide* 144
- statistische Methoden 268
- Staubkappen 239
- Staubsauger 130, 149, 164, 168
- Stauchung bei Bruch, nominelle 323
- Stauchung bei Druckfestigkeit, nominelle 323
- Steckdosen 105, 199

- Stecker 199, 204
 Steckerleisten 159, 191, 210, 259
 Steckverbinder 149, 169, 174, 177, 182,
 184, 214
 Stegdoppelplatten 141
 Stereolithografie 43
 Sterilisierbare medizinische Geräte 106
 Sterilisierbarkeit 182
 Sterilisiergeräte 168, 177
 Steuernocken 154
 Steuerscheiben 149, 154, 159
 Steuerungen 199
 Stichproben 268
 Stichprobenprüfung 546
 Stick-Slip-Bewegung 187
 Stick-Slip-Effekt 410
 Stiefel 117
 Stifteindrückverfahren 557
 Stopfdichte 538
 Stoßfänger 105
 Stoßfängersysteme 59, 106, 159, 168,
 209, 254
 Stoßleisten 245
 Stoßversuche 569
 Strahlenbeständigkeit 182
 Strahlungsbeständigkeit 180
 Strahlverschleiß 410
 Strangziehverfahren 225
 Streckblasformen 46, 158
 Streckspannung 306
 Streuscheiben 140, 164
 Stromverteilerkasten 169
 Strukturen 17
 Strukturen von Makromolekülen 6
 Strukturschaum, Dichteverlauf 250
 Strukturschäume 3
 Strukturschaumstoffe 247, 252
 Stückgewicht 543
 Stühle 130
 Stuhlsitze 199
 Stuhlsitzflächen 136
 Stützkern 225, 253
 Stützschaalen 410
 Styroblend 122
Styroflex 122, 245
Styrofoam 247
 Styrol-Butadien-Kautschuk 231
 Styrolcopolymer 245
 Styrol-Polymerisate 118
 Styrol-Polymerisate, Unterscheidungs-
 möglichkeiten 274
Styrolux 119, 122
Styropor 247
 Styropor-Verfahren 119, 251
 Sulzer-Pulverimprägnierverfahren 226
 SUN-Testgerät 580
Supec 175
Supraplast 215
 Suprel 156
 Surfboardschlaufen 245
 Surfbretter 98, 130
Surlyn 94
Surlyn A 107
 Suspensions-PVC 111
- T**
- Tachometerabdeckscheiben 140
 Taktizität 288
 Tampondruck 53
 Tankaufbauten 209
Tarodur 127
Tarolon 160
Taroloy 160
Taromid 144
Tarorlox 155
 Taschenmesserabdeckungen 136
 Tastenteile 159
 Taster 149
 Tauchausrüstungen 245
 Tauchen 49, 117, 231
 Taucherbrillen 136
 Taue 106
Tecadur 155
Tecaflon 185, 190
Tecaform 151
Tecapec 181
Tecapeek 181
Tecapei 178
Tecason 172

- Tecatron* 175
Technoklima 41
Technyl A 144
Technyl C 144
Tecnoflon 190
Tedlar 190
Tedur 175
Teflon 185, 190
Teflon AF 185
Teflon FEP 190
Teigroller 189
teilkristalline Kunststoffe 7
Telefonapparate 127
Telefone 130, 132
Telefongehäuse 136
Temperatur 584
Temperatur-Index 420
Temperaturleitfähigkeit 432 f.
Temperatur-Zeitgrenzen 424
Temperierkammer 368
Tempern 51
Tenac 151
Tenite 133
Tennisschläger 214
Teonex 159
Teppichunterlagen 254
Terblend 131
Terluran 127
Terlux 128
Terocore 247
Testmittel 549
Texin 237
Textilgummierungen 233
Textolite 201
TFP 226
TGA 285
thermische Analysen 271
Thermische Analyseverfahren 283
thermische Analyseverfahren, Anwendungsmöglichkeiten 286
thermisches Verhalten 37
thermoelastisch 37, 49
Thermoformen 49
Thermoformwerkzeuge 216
thermogravimetrische Analyse 285
thermomechanische Analyse 285
thermooptische Analyse 286
Thermoplaste 3, 6, 10, 14, 33, 37, 93, 339
Thermoplaste, amorph 339
Thermoplaste, Prüfbedingungen 298
Thermoplaste, teilkristallin 340
Thermoplaste, teilkristallin, Mikroskopie 565
Thermoplast-Faserverbundsysteme 225
thermoplastische Elastomere 3, 8
Thermoplastschäume 54
Thermoplastschaumguß 251
Thermoplastschaumspritzgießen 45
Thermostate 177
Thermostatventile 168
Thoprene 175
TI 421
Tiefziehwerkzeuge 214
Tintenpatronen 98
Tintenstrahlmarkieren 53
Tischdecken 117
Tische 210
Tischelemente 133
Tischgestelle 136
Tischplatten 105, 199
Tischtennisschläger 253
Titration nach Karl Fischer 540
TMA 285
TnP-Test 549
TOA 286
Toaster 159
Toilettenartikel 124, 136
Toilettengegenstände 204
Toleranzen 500
Tonbandspulen 121
Topas 101
Topfgriffe 199
Topfzeit 208
Torlon 150, 178
Torsionsschwingungsversuch 338
Tortenhauben 122
TPA 240
TPE 78, 234
TPO 244

TPS 245
 TPU 236
 TPU+ABS-Blends 228
 TPV 244
 TPX-Polymers 109
 Trafogehäuse 105
 Tragetaschen 98, 262
 Tragflächenkanten 177
 Tränkharze 199
 Transfermoulding 48
 Transformatoren 180, 216
 Transformatorenteile 150
 transient 432
 transluzent 484
 transparent 484
 Transportbehälter 98, 117, 130, 209
 Transportgewebe 182
 Transportkästen 106
 Transportketten 149
 Treibmittel 25, 31, 230
 Trennfolien 149, 159, 191
 TRGS 57, 272
 Triax 128
 Trinkgeschirr 204
 Trinkwasserrohre 98
Trivoltherm 211
 Trockenschmiermittel 189
Trogamid 144
 Trogamid myCX 149
 TSG 247
 Tuben 98, 244
 Tuffak 137
 Tüllen 117
 Türbänder 149
 Türbeschläge 149
 Türdichtungen 245
 Türgriffe 154
 Türschloßkeile 239
 Türverkleidungen 199
 TVI-Methode 540
 Twaron 172, 220
 typenrein 61
Tyrl 125
Tyvek 94

U

Überschuhe 117
 Überstrukturen 20, 565
 Überzüge 189
Udel 172
 UF 200
 Uhren 130
 Uhrgläser 140
 U-Kerbe 364
 UL 94 451
Uitem 178
Ultradur 155
Ultraform 151
Ultramid A 144
Ultramid B 144
Ultramid C 144
Ultramid T 144
 Ultraschallschweißen 52
 Ultraschallsiegeln 52
Ultrason E 172
Ultrason S 172
Ultrastyr 127
Ultrathene 100, 243
 Umformen 339
 Umformen von Thermoplasten 49
 Umformkraft 49
 Umleimer 117
 Ummanteln von Metallteilen 210
 Ummantelungen 109, 159, 259
 Ummantelungen von Lichtwellenleitern
 189
 Umrechnungsmöglichkeiten 583
 Umwandlungsenthalpie 285
 Umwelteinflüsse 40
 Unbedenklichkeit, physiologische 57
 Ungesättigte Polyesterharze 205
 Unipolymerisate 9
 Universalhärte 348
 Unterböden 105
 Unterbodenschutz 117
 Untersuchungen im polarisierten Licht
 546
 UP 205
 UP-DCPD-Harzen 205

- Urepan* 247
Urformen 35, 38, 339
Urformen von Duroplasten 47
Urformen von Elastomeren 49
Urformen von Thermoplasten 43
Urformung 38
UV-Einfluss 27
UV-Lampe, Bestrahlung durch 580
UV-Schutz 163
- V**
- Valox* 155, 160
Vandar 155
Van der Waalssche Kräfte 13
Varianz 268
Variationskoeffizient 269
Vectra 258
Vectran 258
Ventilatoren 105
Ventildeckel 184
Ventile 159, 164, 168, 177, 189
Ventilelemente 154
Ventilkörper 154
Verarbeiten von Kunststoffen 43
Verarbeitungsabfälle 62
Verarbeitungshilfen 25
Verarbeitungsmöglichkeit 511
Verarbeitungsparameter 500
Verarbeitungsparameter, prozessrelevant 542
Verarbeitungsqualität 549
Verarbeitungsschwindigkeit 499, 517
Verarbeitung von EP-Formmassen 213
Verarbeitung von EP-Gießharzen 212
Verarbeitung von EP-Reaktionsharzen mit Fasern 213
Verarbeitung von Gummimischungen 230
Verarbeitung von Reaktionsharzen mit Fasern 208
Verarbeitung von Reaktionsharzmassen mit Faserverstärkungen 224
Verarbeitung von UP-Formmassen 209
Veraschungsmethode 278
Verbandkästen 130
Verblendungen 133
Verbundfedern 217
Verbundfolien 45, 98, 106, 191, 489
Verbundhohlkörper 45
Verbundlager 410
Verbundsysteme 219
Verdampfungsverfahren 540
Verdur 211
Verfestigung 36
Verfestigungsverhältnis 311
Verformungsverhalten 34, 36
Verformungsverhalten, energie-elastisches 35
Verformungsverhalten, entropie-elastisches 35
Verformungsverhalten, quasi-viskos 35
Vergaserteile 177
Verglasungen, infrarotreflektierend 141
Vergussmassen 216
Verhalten, elektrisches 40
Verhalten gegenüber Strahlung 40
Verhalten gegen Umwelteinflüsse 40
Verhalten, gummiähnlich 91
Verhalten in organischen Lösemitteln 274
Verhalten, mechanisches 34
Verhalten, thermisches 37
Verhalten von Kunststoffen 33
Verhalten von Kunststoffen bei Temperatureinwirkung 420
Verkapselungsharze 216
Verkehrsschilder 133, 141
Verklebung 214
Verkleidungen 105, 168, 175, 189, 210, 214
Verkleidungsplatten 169
Verlustfaktor, dielektrischer 471
Verlustfaktor, mechanischer 338
Verlustmodul 338, 347
vermischt 61
vernetzte Elastomere 6
vernetzte Systeme 3
Vernetzung 5
Vernetzung, physikalisch 234
Vernetzungsgrad 16

- Vernetzungsmittel 229
Vernetzungsreaktion 234
Vernetzung, weitmaschig 234
Verpackung, antistatisch 260
Verpackungen 105, 119, 121, 137, 191
Verpackungen für heiße Füllgüter 109
Verpackungen, glasklar 127
Verpackungsbänder 106
Verpackungsbecher 106, 115
Verpackungsbecher, dünnwandig 103
Verpackungsbecher, transparent 103
Verpackungsbereich 101
Verpackungsfolien 98, 136, 149, 191, 244
Verpackungsindustrie 228
Verpackungspolster 255
Verpackungssektor 103
Verschleiß 41, 408, 410
Verschleißteile 240
Verschleißverhalten 42, 154
Verschlüsse 98, 244
Verschlussplatten 180
Verschlussstopfen 98
Verschrauben 52
Versorgungsleitungen, erdverlegt 101
Versprödung 508
Verstärkung 205
Verstärkungsstoffe 25 f., 78
Verstärkungszwecke 172
verstrecken 36
Verstrecken 17
Verteilerdosen 98
Verteilergehäuse 159
Verteilerkästen 114, 149, 163, 210
Vertikalbrennprüfung 444
Verton 183
Verträglichkeit 61
Vertrauensbereich 268
Vertrauensniveau 269
verunreinigt 61
Verweilzeit 525
Verwertung, energetische 69
Verzug 51, 505
Vespel 178
Vestakeep 181
Vestamid 144
Vestamid E 240
Vestenamner 244
Vestodur 155
Vestolen 94, 102
Vestolit 110
Vestyron 119
vibrationsmindernde Elemente 239
Vibrationsschweißen 52
Vicat-Erweichungstemperatur 416
Victrex 181
Videobänder 159
Videogeräte 127
Videokassetten 124
Vielzweckprobekörper 298
Vierpunktbiegung 337
Vinnol 110
Vinnolit 110
Vinylchlorid-Copolymerisate 112
Vinylchlorid-Polymerisate 110
Vinylesterharze 216
Visiere 164
viskos 35
Viskose 261
Viskositätsmessungen 511, 536
Viskositätszahl 291, 520
Viton 190
Vliese 106, 220
VMQ 233
Vollreifen 234
Voltalef 190
Vorhänge 117
Vorspannung 402
Vulkanfiber 261
Vulkanisation 229, 234
Vulkanisationsmittel 229
Vulkollan 237, 247
Vulkollan-Verfahren 217
Vu-Stat 137
Vydyne 144
Vyntec 195
- W**
- Wabengewebe 199
Waffeleisen 159

- Wagenaufbauten 136
Wahrscheinlichkeit 269
Wälzlagerkäfige 149, 154
Wanddickenverteilung 49
Wandlerräder 199
Wandverkleidungen 199
Wärmealterung 421
Wärmeausdehnung 39, 529
Wärmeausdehnungskoeffizient 286
Wärmeaustauscher 177
Wärmedämmstege 149
Wärmeformbeständigkeitstemperatur 411
Wärmeleitfähigkeit 427, 432, 584
Wärmeleitung 39
Wärmemenge 584
Wärmeschrumpf-Folien 505
Wärmestrom 584
Wärmetauscher 177, 189, 228
Warmgasschweißen 52
Warmhärtung 208, 213
Warmlagerung 17, 505
Warmlagerungsversuch 543, 546
Warmluftverteiler 168
Warmpressen 224
Warmumformen 49
Warmumformung 35, 38
Warmwasserleitungen 109
Warndreiecke 127, 140
Waschbecken 141
Waschmaschinen 154, 168
Waschmaschinentrommeln 105
Wasseraufbereitung 169, 175
Wasseraufnahme 40 f., 489, 493
Wasseraufnahme von PA 145
Wasserbehälter 98
Wasserdampfdurchlässigkeit 490 f.
Wassergehalt 539
Wassergehalt, Polyamide 497
Wasserhähne 149
Wasserstoffbrückenbindungen 13
Wasserstrahlschneiden 53 f.
Wassertanks 110
WC-Spülkästen 130
Wechselbeanspruchung 401, 403
Weichmacher 25, 29, 77, 110, 115, 230, 288
Weichmacher, Ausschwitzen 116
Weichmacherfreies Polyvinylchlorid 112
Weichmacherwanderung 23, 29
Weichmachung, äußere 21, 29, 115
Weichmachung, innere 29
Wellendichtringe 232
Wellplatten 114, 209
Wendelleitungen 245
Werbeschilder 133, 136
Werbetransparente 141
Werkstoffpaarung 408
Werkzeugbau 216
Werkzeugbehälter 106
Werkzeuge 189
Werkzeuggeometrie 53
Werkzeuginnendruckverlauf 542
Werkzeugriffe 136
Werkzeugtemperatur 44, 542
Wetterbeständigkeit 579
Wetterreichtheit 579
Wickelharze 199
Wickel- und Spanntechnik 225
Wickelverfahren 205
Widerstände 214
Widerstandsfähigkeit, chemische 33
Wiederverwendung 58
Wiederverwertung 58
Wiederverwertung, energetische 59
Wiederverwertung, stoffliche 58
Wintergartenbau 141
Wirbelsintern 47, 97 f., 117, 182
Witterungseinflüsse 578
Wöhlerkurve 402, 407
Wohnwagen 209
Wohnwagenverkleidungen 133
WPC 27
Wursthüllen 149
- X**
- Xantar* 160
x % Dehnung 306
Xenonbogenlampe, Bestrahlung durch 580

- Xenontestgerät 580
Xenoy 160
x % Stauchung 323
Xtel 175
Xydar 258
Xyron 166
- Z**
- Zähbruch 380
Zähler 168
Zählergrundplatten 204
Zählerrollen 127
Zählwerksteile 154
Zahnbürsten 122
Zahnbürstenkörper 136
Zahnersatz 141
Zahnräder 99, 149, 154 *f.*, 159, 174, 180, 191, 199, 240, 242
Zahnriemen 239 *f.*
Zäh-Spröd-Übergang 363
Zeichengeräte 141
Zeichenschablonen 136
Zeitbruchlinie 390
Zeitdehnlinsen 390
Zeitschaltgeräte 168 *f.*
Zeitschwellfestigkeit 400
Zeit(schwing)festigkeit 400
Zeitschwingfestigkeits-Diagramm nach Smith 406
Zeitschwingversuch 400
Zeitstand-Schaubild 390
Zeitstandversuch 386
Zeitstand-Zugfestigkeit 387
Zeitstandzugversuch 552
Zeitwechselfestigkeit 400
Zellstruktur 54
Zenite 258
Zentralverriegelungen 199
Zersetzungsgebiet 341
Zersetzungsprodukte 57
Zersetzungstemperatur 37 *f.*
Zierleisten 136
Zierleisten, verchromt 130
Zierprofile 117
ZMK, Zwischenmolekulare Kräfte 8, 13
Zonyl 185
Zugfestigkeit 306
Zugkriechmodul 387
Zugmodul 306
Zugprüfmaschine 309
Zugversuch 305
Zündanlagen 199, 210, 214
Zündkabel 233, 245
Zündspulen 216
Zusätze, antibakteriell, antifungizid 25
Zusatzstoffe 25
Zusatzstoffe, leitfähige 25, 259
Zustand, gummielastisch 339
Zustand, hart 339
Zustandsbereiche 37, 39
Zustand, spröde 339
Zweikomponentenklebstoffe 52
Zweikomponentenspritzgießen 44
Zytel 144, 183
Zytel RS 264