

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung	17
2. Geschichtsdaten	19
3. Wirtschaftliche Entwicklung	26
4. Grundstoffe der Petrochemie und Primärchemikalien	28
4.1 Entwicklung der Rohstoffbasis	28
4.2 Wirtschaftliche und technische Bedeutung der Grundstoffe	32
4.2.1 Kohle	32
4.2.2 Erdöl	33
4.2.2.1 Erdölgewinnung aus Ölsand	35
4.2.2.2 Verarbeitung des Erdöls	38
4.2.3 Erdgas	39
4.3 Gewinnung der Primärchemikalien	41
4.3.1 Primärchemikalien auf der Grundlage von Erdöl	41
4.3.1.1 C ₂ -Kohlenwasserstoffe	42
4.3.1.1.1 Ethylenherzeugung aus Naphtha	42
4.3.1.1.2 Acetylenherzeugung durch autotherme Naphthaspaltung	43
4.3.1.1.3 Gewinnung von Acetylen aus gas- und dampfförmigen Kohlenwasserstoffen	43
4.3.1.1.4 Tauchflammspaltung von Rohöl (BASF-Verfahren)	44
4.3.2 Propylen	45
4.3.3 Ungesättigte C ₄ und C ₅ -Kohlenwasserstoffe	46
4.3.4 Benzol	46
4.3.5 Naphthalin	46
4.3.6 Cyclohexan	47
4.4 Umstellung der Rohstoffquellen	47
4.4.1 Öl aus Kohle	47
4.4.2 Der künftige Weg	49
5. Kunststoffe als hochpolymere Werkstoffe	52
5.1 Bildungsreaktionen	52

5.1.1 Abgewandelte Naturstoffe	52
5.1.1.1 Kunststoffe auf Cellulosebasis	53
5.1.1.2 Kunststoffe auf Proteinbasis	54
5.1.2 Synthetische Kunststoffe	55
5.1.2.1 Polymerisation	56
5.1.2.1.1 Radikalkettenpolymerisation	56
5.1.2.1.2 Ionenkettenpolymerisation	56
5.1.2.1.3 Stereoregulierte Polymerisation	57
5.1.2.1.4 Copolymerisation	59
5.1.2.1.5 Technische Polymerisationsverfahren	60
5.1.2.1.5.1 Polymerisation im homogenen System	60
5.1.2.1.5.1.1 Substanzpolymerisation	61
5.1.2.1.5.1.2 Lösungs-Polymerisation	62
5.1.2.1.5.1.3 Fällungspolymerisation	63
5.1.2.1.5.2 Polymerisation im heterogenen System	64
5.1.2.1.5.2.1 Suspension-(Perl)-Polymerisation	64
5.1.2.1.5.2.2 Emulsionspolymerisation	64
5.1.2.2 Polykondensation	66
5.1.2.3 Polyaddition	70
5.2 Bauprinzipien	70
5.2.1 Modifizieren des Eigenschaftsbildes	73
5.3 Eigenschaften	74
5.3.1 Einfluß des strukturellen Aufbaues	75
5.3.2 Einfluß des Polymerisationsgrades	77
5.3.3 Einfluß des Ordnungszustandes	78
5.3.4 Temperaturabhängigkeit der mechanischen Eigenschaften	81
5.3.5 Zeitabhängigkeit der mechanischen Eigenschaften . . .	84
5.3.6 Schwingfestigkeit	88
5.3.7 Sicherheitsbeweise	89
5.3.8 Chemikalienbeständigkeit	90
5.3.8.1 Spannungskorrosion (Spannungsrißbildung)	91
6. Die wichtigsten Kunststoffe	95
6.1 Abgewandelte Naturstoffe	96
6.1.1 Casein-Kunststoffe	96

6.1.2 Cellulosederivate	97
6.1.2.1 Vulkanfiber	97
6.1.2.2 Cellulosenitrat (Celluloid)	97
6.1.2.3 Celluloseacetat (CA)	98
6.1.2.4 Cellulose-Mischester (CAB, CAP)	
6.1.2.5 Zellglas	100
6.2 Synthetische Kunststoffe	100
6.2.1 Duroplaste	100
6.2.1.1 Phenol-Formaldehydharze (PF)	100
6.2.1.2 Melamin- und Harnstoff-Formaldehyd (MF, UF)	102
6.2.1.3 Ungesättigte Polyesterharze (UP)	103
6.2.1.4 Epoxidharze (EP)	107
6.2.1.5 Vernetzte Polyurethane (PUR)	109
6.2.1.6 Silicone (SI)	111
6.2.2 Thermoplaste	111
6.2.2.1 Polyamide (PA)	111
6.2.2.2 Polyolefine	114
6.2.2.2.1 Polyethylen (PE)	114
6.2.2.2.2 Polypropylen (PP)	120
6.2.2.2.3 Polybuten-1	122
6.2.2.3 Polyvinylchlorid (PVC)	124
6.2.2.4 Chlorierter Polyether	128
6.2.2.5 Polymethylmethacrylat (PMMA)	129
6.2.2.6 Polystyrol (PS, SAN, ABS)	130
6.2.2.7 Polycarbonat (PC)	137
6.2.2.8 Polyacetal (POM)	139
6.2.2.9 Fluorkunststoffe	141
6.2.2.9.1 Polytrifluorchlorethylen (PCTFE)	141
6.2.2.9.2 Polyvinylidenfluorid	143
6.2.2.9.3 Polyfluorethylenpropylen (PFEP)	143
6.2.2.9.4 Polytetrafluorethylen (PTFE)	143
6.2.3 Kunststoffe mit besonderen Eigenschaften	144
6.2.3.1 Polyimide	144
6.2.3.2 Polyphenylenoxid (PPO)	144
6.2.3.3 Ionomere	145

6.2.3.4 Polysulfon	146
6.2.3.5 Polyalkylenterephthalate	147
6.2.4 Gefüllte und verstärkte Kunststoffe	148
6.3 Elastomere	152
6.3.1 Naturkautschuk	153
6.3.2 Styrol-Butadienkautschuk	155
6.3.3 Butylkautschuk	155
6.3.4 Polychloropren	155
6.3.5 Nitrilkautschuk	156
6.3.6 Polysulfidkautschuk	157
6.3.7 Chlorsulfoniertes Polyethylen	157
6.3.8 Polyurethankautschuk	157
6.3.9 Polybutadien	158
6.3.10 Siliconkautschuk	158
6.3.11 Fluorkautschuke	158
6.3.12 Polyolefinkautschuke	158
6.3.12.1 Ethylen-Propylenkautschuk (EPK)	159
6.3.12.2 Ethylen-Propylen-Terpolymerkautschuk (EPTK bzw. EPDM)	159
6.4 Schaumkunststoffe	160
6.4.1 Schaumkunststoffe im Bauwesen	161
6.4.2 Schaumkunststoffe in der Kühlindustrie	165
6.4.3 Schaumkunststoffe im Fahrzeug- und Maschinenbau . . .	166
6.4.4 Schaumkunststoffe für Polsterungen und Verpackungen .	167
6.4.5 Schaumkunststoffe in der Landwirtschaft	167
7. Verarbeitung von Kunststoffen	168
7.1 Aufbereiten von Kunststoff-Rohstoffen	168
7.1.1 Zerkleinern fester Massen	169
7.1.2 Schmelzgranulieren	170
7.1.3 Mischen, Kneten, Walzen	172
7.2 Kalandrieren	173
7.3 Beschichten, Kaschieren	173
7.4 Gießen, Tauchen	175
7.5 Flamspritzen, Sintern	176

7.6 Schäumen	177
7.7 Pressen	179
7.7.1 Preßverfahren	181
7.7.2 Spritzpreßverfahren	181
7.7.3 Verarbeitung von Niederdruckharzen	184
7.7.3.1 Arbeiten mit einteiligem Werkzeug	186
7.7.3.2 Arbeiten mit dem Gummisack	187
7.7.3.3 Preßwerkzeuge	188
7.7.3.4 Vorformverfahren	189
7.7.3.5 Rohrherstellung	190
7.8 Spritzgießen	190
7.9 Extrudieren	205
7.9.1 Rohre	206
7.9.2 Schlauchfolien	206
7.9.3 Flachfolien	207
7.9.4 Tafeln, Vollprofile	207
7.9.5 Wickeln von Hohlprofilen	208
7.9.6 Faden-, Netz- und Folienstreifen-Extrusion	209
7.9.7 Drahtummantelung	212
7.9.8 Extrusionsblasen	212
7.10 Steck- und Warmformen von Tafeln und Folien	214
7.11 Spanende Formgebung	216
7.11.1 Sägen	216
7.11.2 Schneiden	217
7.11.3 Drehen	217
7.11.4 Bohren	217
7.11.5 Gewindeschneiden	217
7.11.6 Fräsen, Hobeln	218
7.11.7 Schleifen	218
7.11.8 Polieren	218
7.12 Verbinden von Kunststoffteilen	219
7.12.1 Mechanische Verbindungen	219
7.12.2 Kleben und Kitten	219
7.12.3 Schweißen	219
7.12.3.1 Warmgasschweißen	219

7.12.3.2 Heizelementschweißen	220
7.12.3.3 Reibungsschweißen	221
7.12.3.4 Hochfrequenzschweißen	222
7.12.3.5 Ultraschallschweißen	222
7.12.3.6 Dekoratives Ausrüsten	224
7.12.3.6.1 Beschriften und Prägen	224
7.12.3.6.2 Bedrucken	224
7.12.3.6.3 Lackieren und Bemalen	224
7.12.3.6.4 Metallisieren	225
7.12.3.6.5 Beflocken	225
8. Ausblick	225
9. Grundriß der Chemie der Kunststoffe	229
9.1 Einleitung	229
9.2 Kohlenwasserstoffe	230
9.2.1 Aliphatische Kohlenwasserstoffe	230
9.2.1.1 Alkane, C_nH_{2n+2}	230
9.2.1.2 Alkene (Olefine), C_nH_{2n}	231
9.2.1.2.1 Doppelbindung	232
9.2.1.2.2 cis-trans-Isomerie	233
9.2.1.3 Alkine (Acetylene), C_nH_{2n-2}	234
9.2.1.4 Kohlenwasserstoffe mit zwei oder mehr $C=C$ - Doppelbindungen (Polyene)	234
9.2.1.5 Alicyclische Verbindungen	235
9.2.2 Aromatische Kohlenwasserstoffe	235
9.2.2.1 Alkylbenzole	237
9.2.2.2 Arylalkene	237
9.2.2.3 Arylalkine	238
9.2.2.4 Kondensierte aromatische Ringsysteme	238
9.3 Sauerstoffhaltige Kohlenwasserstoffe	239
9.3.1 Einwertige, gesättigte Alkohole (Alkanole)	239
9.3.1.1 Oxidationsprodukte der Alkanole	241
9.3.1.1.1 Aliphatische Aldehyde (Alkanole)	241
9.3.1.1.2 Gesättigte aliphatische Monocarbonsäuren (Fettsäuren, Alkansäuren)	241

9.3.1.2 Aliphatische Ketone (Alkanone)	243
9.3.2 Einwertige ungesättigte Alkohole (Alkenole und Alkinole)	244
9.3.2.1 Ungesättigte Aldehyde (Alkenale und Alkinale) . . .	245
9.3.2.2 Ungesättigte aliphatische Monocarbonsäuren (Alkensäuren)	245
9.3.2.3 Ungesättigte Ketone	246
9.3.3 Mehrwertige Alkohole	246
9.3.3.1 Aliphatische Dialdehyde, Ketoaldehyde und Diketone .	247
9.3.3.2 Gesättigte Dicarbonsäuren	247
9.3.3.3 Ungesättigte Dicarbonsäuren	248
9.3.4 Phenole	248
9.3.4.1 Einwertige Phenole	248
9.3.4.2 Homologe des Phenols	249
9.3.4.3 Zweiwertige Phenole	250
9.3.4.4 Dreiwertige Phenole	250
9.3.4.5 Benzochinone	251
9.3.5 Aromatische Alkohole	251
9.3.6 Aromatische Aldehyde und Ketone	251
9.3.7.1 Gesättigte aromatische Monocarbonsäuren	252
9.3.7.1.1 Aromatische Monocarbonsäuren	252
9.3.7.1.2 Araliphatische Monocarbonsäuren	253
9.3.7.2 Ungesättigte aromatische Monocarbonsäuren	253
9.3.7.3 Aromatische Dicarbonsäuren	253
9.3.8 Kondensationsprodukte	254
9.3.8.1 Ether	254
9.3.8.2 Ester	255
9.3.8.3 Acetale	256
9.3.8.4 Carbonsäureanhydrid	256
9.4 Stickstoffhaltige Kohlenwasserstoffe	257
9.4.1 Nitroverbindungen	257
9.4.1.1 Nitroalkene	257
9.4.1.2 Aromatische Nitroverbindungen	258
9.4.2 Aminoverbindungen	259
9.4.2.1 Aliphatische Amine	259

9.4.2.1.1 Aliphatische Diazoverbindungen	260
9.4.2.2 Aromatische Amine	260
9.5 Schwefelhaltige Kohlenwasserstoffe	261
9.5.1 Aliphatische Schwefelverbindungen	261
9.5.1.1 Alkanthiole (Mercaptane)	261
9.5.1.2 Thioether (Dialkylsulfide)	261
9.5.1.3 Alkylsulfonsäuren	262
9.5.2 Aromatische Sulfonsäuren	262
9.6 Halogenierte Kohlenwasserstoffe	263
9.6.1 Alkyl- und Alkenhalogenide	263
9.6.2 Halogenierte aromatische Kohlenwasserstoffe	264
9.7 Derivate der Kohlensäure	265
9.7.1 Halogenide der Kohlensäure	265
9.7.2 Ester der Kohlensäure	265
9.7.3 Amide der Kohlensäure	265
9.7.4 Schwefelsäureverbindungen der Kohlensäure	266
9.8 Derivate der Cyansäure	267
9.9 Heterocyclische Verbindungen	267
9.10 Organische Verbindungen einiger Nichtmetalle	268
9.10.1 Alkylsilane	268

Anhang

Gebräuchliche Kunststoffe	270
Verzeichnis der Abkürzungen von Kunststoffnamen	292
Verzeichnis der Handelsnamen	293
Stichwortverzeichnis	294

Anzeigen