

## Inhaltsverzeichnis

Weiterführende Literatur und Quellennachweise befinden sich jeweils am Kapitelende.

Motto .....	V
Vorworte .....	VII
Verzeichnis der Abkürzungen .....	IX

### Chemische Strukturen

<b>1. Einführung</b> .....	1
1.1. Einleitung .....	1
1.2. Grundbegriffe .....	2
1.3. Argumente für und gegen Makromoleküle .....	8
1.4. Erfindungen und Entdeckungen .....	16
<b>2. Konstitution</b> .....	21
2.1. Atombau und Molekülbildung .....	21
2.1.1. Der Molekülbegriff .....	21
2.1.2. Chemische und physikalische Moleküle .....	22
2.2. Nomenklatur chemischer Strukturen .....	24
2.2.1. Übersicht .....	24
2.2.2. Typen von Polymernamen .....	24
2.2.3. Namen anorganischer Makromoleküle .....	27
2.2.4. Namen organischer Makromoleküle .....	29
Kohlenstoffketten .....	30
Kohlenstoffringe .....	31
Heteroketten .....	31
Heterocyclen .....	32
2.3. Atombau und Kettenbildung .....	34
2.3.1. Übersicht .....	34
2.3.2. Homoketten .....	34
Unsubstituierte Homoketten .....	34
Substituierte Homoketten .....	36
Einfluss des Atombaus .....	37
2.3.3. Heteroketten .....	38
2.4. Klassifizierung von Polymeren .....	41
2.4.1. Strukturbezogene Begriffe .....	41
2.4.2. Verfahrensbezogene Begriffe .....	43
2.4.3. Begriffe bei geladenen Polymeren .....	45
2.5. Molekülarchitektur .....	47
2.5.1. Einführung .....	47
2.5.2. Lineare Ketten und Ringe .....	48
2.5.3. Statistisch verzweigte Polymere .....	48
2.5.4. Sternmoleküle .....	50
2.5.5. Dendrimere .....	50
2.5.6. Arborole .....	53

2.5.7.	Hyperverzweigte Polymere .....	53
2.5.8.	Kamm-Moleküle .....	55
2.5.9.	Leiterpolymere .....	55
2.5.10.	Phyllo- und Tectopolymere .....	56
2.5.11.	Ungeordnete Netzwerke .....	57
	Phänomene .....	57
	Aufbau .....	58
	Charakterisierung .....	59
<b>3.</b>	<b>Charakterisierung von Polymeren .....</b>	<b>63</b>
3.1.	Einleitung .....	63
3.2.	Chemische Zusammensetzung .....	64
3.2.1.	Monomereinheiten .....	64
3.2.2.	Endgruppen .....	66
3.2.3.	Verzweigungen .....	66
3.3.	Molmassenverteilungen .....	67
3.3.1.	Übersicht .....	67
3.3.2.	Verteilungsfunktionen .....	67
3.3.3.	Typen von Verteilungen .....	69
	Gauss-Verteilung .....	70
	Logarithmische Normalverteilung .....	71
	Poisson-Verteilung .....	71
	Schulz-Zimm- und Schulz-Flory-Verteilungen .....	71
	Generalisierte Exponentialverteilungen .....	72
3.3.4.	Bestimmung von Molmassenverteilungen .....	72
	Massenspektroskopie .....	73
	Grössenausschlusschromatographie .....	75
	Fraktionierung .....	80
3.4.	Mittelwerte .....	81
3.4.1.	Mol- und Molekülmassen .....	81
3.4.2.	Einfache Mittelwerte der Molmassen .....	82
3.4.3.	Molekulare Uneinheitlichkeiten .....	83
3.4.4.	Komplexere Mittel der Molmassen .....	84
	Exponentenmittel .....	84
	Zusammengesetzte Mittel .....	85
3.4.5.	Polymerisationsgrade .....	87
3.4.6.	Mittelwerte anderer Eigenschaften .....	88
3.4.7.	Bestimmung von Molmassen .....	89
3.5.	Viskosimetrie .....	89
3.5.1.	Grundbegriffe .....	89
3.5.2.	Experimentelle Methoden .....	90
3.5.3.	Konzentrationsabhängigkeit bei Nichtelektrolyten .....	91
3.5.4.	Konzentrationsabhängigkeit bei Polyelektrolyten .....	93
3.5.5.	Grenzviskositätszahlen und Molmassen .....	94
	Mittelwerte .....	94
	Einfluss der Teilchenform .....	96

Historische Notizen: Viskosität verdünnter Lösungen .....	100
<b>4. Konfiguration .....</b>	<b>104</b>
<b>4.1. Stereoisomere .....</b>	<b>104</b>
4.1.1. Geschichtliche Entwicklung .....	104
4.1.2. Konfigurations- und Konformationsisomere .....	105
4.1.3. Symmetrie .....	107
4.1.4. Enantiomere und Diastereomere .....	110
4.1.5. Stereoformeln .....	112
4.1.6. D,L- und R,S-Systeme .....	114
<b>4.2. Ideal-taktische Polymere .....</b>	<b>115</b>
4.2.1. Definitionen .....	115
4.2.2. Relative und absolute Konfigurationen .....	117
4.2.3. Darstellung relativer Konfigurationen .....	119
4.2.4. Hemitaktische Polymere .....	120
4.2.5. Ditaktische Polymere .....	121
4.2.6. Geometrische Isomere .....	122
<b>4.3. Real-taktische Polymere .....</b>	<b>123</b>
4.3.1. Übersicht .....	123
4.3.2. J-Aden .....	124
4.3.3. Experimentelle Methoden .....	126
Röntgenographie .....	126
Kernresonanzspektroskopie .....	126
Infrarotspektroskopie .....	129
Kristallinität und Lösungseigenschaften .....	130
Historische Notizen: Prochiralität .....	131
<b>5. Konformation .....</b>	<b>133</b>
5.1. Grundlagen .....	133
5.2. Mikrokonformationen .....	135
5.2.1. Definitionen .....	135
5.2.2. Rotationsbarrieren .....	138
5.2.3. Konstitutions-Einflüsse .....	139
5.3. Makrokonformationen .....	142
5.3.1. Kristalline Polymere .....	143
Gleichgewichtszustände .....	143
Nichtgleichgewichtszustände .....	144
5.3.2. Polymerlösungen .....	145
5.3.3. Schmelzen .....	146
Historische Notizen .....	146
<b>Synthesen</b>	
<b>6. Polyreaktionen .....</b>	<b>148</b>
6.1. Übersicht .....	148
6.1.1. Voraussetzungen .....	148

6.1.2.	Geschichtliche Entwicklung .....	148
6.1.3.	Klassifikationen .....	150
6.1.4.	Funktionalität .....	153
6.1.5.	Cyclopolymerisation .....	154
6.2.	Mechanismus und Kinetik von Polyreaktionen .....	156
6.2.1.	Aktivierung von Monomeren .....	156
6.2.2.	Elementarschritte bei Polymerisationen .....	159
6.2.3.	Unterscheidung von Mechanismen .....	161
6.2.4.	Charakterisierung von Polyreaktionen .....	163
6.2.5.	Aktivierungsgrößen .....	164
6.3.	Statistik von Polyreaktionen .....	165
6.3.1.	Grundbegriffe .....	165
6.3.2.	Bernoulli- und Markow-Mechanismen .....	167
6.3.3.	Enantiomorphe Katalysatoren .....	169
6.3.4.	Geschwindigkeitskonstanten .....	171
6.3.5.	Aktivierungsgrößen .....	173
6.4.	Polymerisation chiraler Monomere .....	174
6.4.1.	Definitionen .....	174
6.4.2.	Chirale Monomere .....	175
6.4.3.	Enantioasymmetrische Polymerisationen .....	176
6.4.4.	Andere stereoselektive Polymerisationen .....	179
6.4.5.	Enantiogene Polymerisationen .....	180
6.5.	Experimentelle Verfolgung von Polyreaktionen .....	181
6.5.1.	Nachweis und quantitative Bestimmung der Polymerbildung ..	181
6.5.2.	Isolieren und Reinigen der Polymeren .....	183
	Historische Notizen: Taktizitäten .....	184
<b>7.</b>	<b>Gleichgewichte bei Polyreaktionen .....</b>	<b>187</b>
7.1.	Übersicht .....	187
7.2.	Polymer-Monomer-Gleichgewichte .....	189
7.2.1.	Typen .....	189
7.2.2.	Polymerisationsgrade .....	190
7.2.3.	Polymerisationsgrad-Verteilungen .....	192
7.2.4.	Unvollständige Gleichgewichte .....	192
7.3.	Grenztemperaturen .....	193
7.3.1.	Grundlagen .....	193
7.3.2.	Ceiling- und Floortemperaturen .....	196
7.3.3.	Druckeinflüsse .....	197
7.3.4.	Thermodynamische Nichtidealität .....	198
7.4.	Konstitutionseinflüsse .....	200
7.4.1.	Polymerisationsentropien .....	200
7.4.2.	Polymerisationsenthalpien .....	203
7.4.3.	Grenztemperaturen .....	207
7.5.	Ring-Kette-Gleichgewichte .....	207
7.5.1.	Thermodynamik .....	208
7.5.2.	Kinetik .....	210

A-7.	Anhang: Polymerisationsgrade .....	211
<b>8.</b>	<b>Ionische Polymerisationen .....</b>	<b>214</b>
8.1.	Übersicht .....	214
8.1.1.	Grundlagen .....	214
8.1.2.	Ionengleichgewichte .....	215
8.2.	Lebende Polymerisationen .....	217
8.2.1.	Unsterbliche und lebende Polymere .....	217
8.2.2.	Polymerisationsgrade .....	219
8.2.3.	Kinetik .....	222
8.2.4.	Pseudolebende Polymerisationen .....	222
	Übertragung zum Monomeren .....	223
	Kettenabbruch .....	224
	Langsamer Kettenstart .....	225
8.3.	Anionische Polymerisationen .....	226
8.3.1.	Monomere .....	226
8.3.2.	Initiatoren .....	227
	Basenstärke .....	227
	Metallalkyle .....	228
	Alkoholate .....	229
	Alkalimetalle .....	229
8.3.3.	Ionenpaar-Gleichgewichte .....	230
8.3.4.	Ionen-Assoziat .....	234
8.3.5.	Wachstum .....	236
	Vinyl- und Dien-Polymerisationen .....	236
	Polymerisation von Lactamen .....	236
	Polymerisation von Leuchs-Anhydriden der $\alpha$ -Amino- säuren .....	238
8.3.6.	Stereokontrolle .....	240
8.3.7.	Abbruchreaktionen .....	243
8.3.8.	Kettenübertragungen .....	244
8.4.	Kationische Polymerisationen .....	244
8.4.1.	Übersicht .....	244
8.4.2.	Initiatoren .....	246
	Initiation durch Salze .....	247
	Initiation durch Brønsted- und Lewis-Säuren .....	248
8.4.3.	Wachstum .....	249
8.4.4.	Phantom-Polymerisationen .....	251
8.4.5.	Abbruch und Übertragung .....	252
	Übersicht .....	252
	Fragmentierungen .....	253
8.4.6.	Lebende kationische Polymerisationen .....	254
8.5.	Zwitterionen-Polymerisationen .....	256
A-8	Anhang: Ableitung der Poisson-Verteilung .....	257
	Historische Notizen .....	260

<b>9. Polyinsertionen</b>	262
9.1. Übersicht	262
9.1.1. Einführung	262
9.1.2. Geschichtliche Entwicklung	263
9.2. Polymerisationen mit Mehrzentren-Katalysatoren	264
9.2.1. Ziegler-Katalysatoren	264
9.2.2. Monomere	265
9.2.3. Verfahren	266
9.2.4. Katalysatorstruktur	267
9.2.5. Aktive Zentren	268
9.2.6. Mechanismen	270
9.2.7. Stereokontrolle bei 1-Olefinen	272
Stereokontrolle	272
Annäherung der Monomeren	273
Geometrie der Einlagerung	273
Verknüpfung	273
Kontrolle der Molmassen	274
9.2.8. Technische Katalysatorsysteme für Ethen und Propen	274
9.2.9. Andere Polymerisationen	276
9.2.10. Kinetik bei Reaktionen ohne Abbruch und Übertragung	280
9.2.11. Kinetik bei Reaktionen mit Abbruch und Übertragung	282
9.3. Polymerisationen mit Einzentren-Katalysatoren	280
9.3.1. Aluminoxane	282
9.3.2. Metallocen-Katalysatoren	283
9.3.3. Polymerisierbarkeit	285
9.3.4. Stereo- und Regiokontrolle	287
9.4. Metathesen	289
9.4.1. Einführung	289
9.4.2. Metathesen acyclischer Olefine	289
9.4.3. Katalysatoren	290
9.4.4. Polymerisation von Cycloolefinen	290
Produkte	290
Mechanismen	292
Polymerisierbarkeit	293
9.4.5. Acyclische Dien-Synthese	294
9.5. Gruppenübertragungs-Polymerisationen	294
Historische Notizen: Übergangsmetall-Katalysatoren	296
Historische Notizen: Mechanismen	296
<b>10. Radikalische Polymerisationen</b>	299
10.1. Einführung	299
10.1.1. Übersicht	299
10.1.2. Polymerisierbare Monomere	300
Radikalische Polymerisation von Ringen	300
Radikalische Polymerisation von Doppelbindungen	301
10.2. Initiation und Start	303

10.2.1.	Thermische und spontane Polymerisationen .....	303
10.2.2.	Thermische Initiatoren .....	304
10.2.3.	Initiatorzerfall und Radikalausbeute .....	305
10.2.4.	Zerfallsgeschwindigkeit .....	307
10.2.5.	Startreaktionen .....	308
10.2.6.	Redox-Initiatoren .....	309
10.2.7.	Photo-Initiatoren .....	311
10.2.8.	Elektrolytische Polymerisationen .....	311
10.3.	Wachstum und Abbruch .....	312
10.3.1.	Polymerisierbarkeit, Regio- und Stereokontrolle .....	312
10.3.2.	Abbruchreaktionen .....	315
10.3.3.	Stationärer Zustand .....	316
10.3.4.	Ideale Kinetik im stationären Zustand .....	317
10.3.5.	Kinetische Kettenlänge .....	319
10.3.6.	Bestimmung von Geschwindigkeitskonstanten .....	321
10.3.7.	Geschwindigkeitskonstanten .....	323
10.3.8.	Dead End-Polymerisation .....	325
10.3.9.	Gel- und Glaseffekt .....	326
10.3.10.	Nichtideale Kinetik .....	329
	Geschwindigkeit = $f(\text{Monomerkonzentration})$ .....	330
	Geschwindigkeit = $f(\text{Initiatorkonzentration})$ .....	330
	Polymerisationsgrad = $f(\text{Umsatz})$ .....	331
10.3.11.	Vernetzende Polymerisationen .....	331
10.4.	Kettenübertragungen .....	334
10.4.1.	Übersicht .....	334
10.4.2.	Mayo-Gleichung .....	334
10.4.3.	Übertragung zu Monomeren .....	336
10.4.4.	Übertragung zu Polymeren .....	338
10.4.5.	Übertragung zu Initiatoren .....	339
10.4.6.	Übertragung zu Lösungsmitteln und Reglern .....	339
10.4.7.	Inhibitoren und Verzögerer .....	340
10.4.8.	Kontrollierte radikalische Polymerisationen .....	342
10.5.	Technische Polymerisationen .....	344
10.5.1.	Übersicht .....	344
10.5.2.	Polymerisation in Substanz .....	345
10.5.3.	Polymerisation in Lösung und unter Fällung .....	346
10.5.4.	Polymerisation in der Gasphase .....	346
10.5.5.	Polymerisation in Suspension .....	347
10.5.6.	Polymerisation in Emulsion .....	347
A-10	Anhang: Schulz-Flory-Verteilung .....	349
	Historische Notizen: Polymerisationsmechanismus .....	350
<b>11.</b>	<b>Polymerisation durch Strahlung und in geordneten Zuständen .....</b>	<b>353</b>
11.1	Übersicht .....	353
11.2.	Photochemische Polymerisationen .....	354
11.2.1.	Angeregte Zustände .....	354

11.2.2.	Photoinitiation	357
11.2.3.	Photopolymerisationen	359
11.2.4.	Photoaktive Polymere	360
11.3.	Strahlungsschemische Polymerisationen	360
11.3.1.	Strahlung und Initiation	360
11.3.2.	Polymerisation	362
11.4.	Plasma-Polymerisationen	363
11.4.1	Plasmen	363
11.4.2.	Monomere und Polymerisationen	363
11.5.	Polymerisationen im festen Zustand	365
11.5.1.	Übersicht	365
11.5.2.	Startreaktionen	365
11.5.3.	Wachstum, Abbruch und Übertragung	366
11.5.4.	Morphologie	368
11.6	Polymerisation in anderen geordneten Zuständen	369
11.6.1.	Polymerisation von Mizellen und Vesikeln	369
11.6.2.	Matrizen-Polymerisationen	372
11.6.3.	Trägergestützte Polymerisationen	372
<b>12.</b>	<b>Copolymerisationen</b>	<b>376</b>
12.1.	Übersicht	376
12.2.	Theorie der Copolymerisation	378
12.2.1.	Einführung	378
12.2.2.	Terminal-Modell	379
12.2.3.	Typen von Copolymerisationen	380
12.2.4.	Sequenzstatistik	383
12.2.5.	Bestimmung der Copolymerisationsparameter	386
	Aus Stoffmengenanteilen	386
	Aus integralen Copolymerisationsgleichungen	386
	Aus differentiellen Copolymerisationsgleichungen	388
12.2.6.	Copolymerisationen mit Depolymerisation	389
12.2.7.	Lebende Copolymerisationen	390
12.3.	Radikalische Copolymerisationen	391
12.3.1.	Einfluss der Konstitution	391
12.3.2.	Kreuzabbruch-Faktor	393
12.3.3.	Penultimate-Modell	395
12.3.4.	Q,e-Schema	397
12.3.5.	Terpolymerisationen	399
12.4.	Ionische Copolymerisationen	401
12.4.1.	Copolymerisationsparameter	401
12.4.2.	Anionische Copolymerisationen	403
12.4.3.	Insertionscopolymerisationen	407
12.5.	Spontane Copolymerisationen	407
12.5.1.	Redox-Copolymerisationen	408
12.5.2.	Polymerisation von Zwitterionen	409
12.5.3.	Polymerisation von CT-Komplexen	411



12.5.4. Regulierte Copolymerisationen .....	413
Historische Notizen .....	414
<b>13. Polykondensationen und Polyadditionen .....</b>	<b>417</b>
13.1. Übersicht .....	417
13.1.1. Ketten- und Stufenreaktionen .....	417
13.1.2. Typen von Polykondensationen und Polyadditionen .....	418
13.1.3. Polyadditionen .....	419
13.1.4. AB-Polykondensationen .....	420
13.1.5. AA/BB-Polykondensationen .....	421
13.2. Stöchiometrische lineare Stufenreaktionen .....	422
13.2.1. Einleitung .....	422
13.2.2. Gleichgewichte .....	423
13.2.3. Reaktionsausmass, Umsatz und Ausbeute .....	427
13.2.4. Reaktionsausmass und Polymerisationsgrad .....	430
13.2.5. Reaktionsausmass und Polymerisationsgradverteilung .....	430
13.2.6. Mittel der Polymerisationsgrade .....	432
13.3. Nicht-stöchiometrische lineare Stufenreaktionen .....	434
13.3.1. Polymerisationsgrad .....	434
13.3.2. Ausbeuten .....	435
13.3.3. Duplikationsverfahren .....	436
13.3.4. Kettenstabilisierung .....	437
13.4. Kinetik bifunktioneller Stufenreaktionen .....	438
13.4.1. Experimentelle Voraussetzungen .....	438
13.4.2. Kinetische Gleichungen .....	439
13.5. Reaktivitäten .....	443
13.5.1. Struktureffekte .....	443
Einfluss des Lösungsmittels .....	444
Unterschiedliche Geschwindigkeitskonstanten .....	445
13.5.2. Extern aktivierte Polykondensationen .....	448
13.5.3. Heterogene lineare Polykondensationen .....	450
13.5.4. Reaktive Zwischenprodukte .....	453
13.6. Ringbildung .....	455
13.6.1. Cyclische Moleküle .....	455
Gleichgewichte .....	455
Kinetisch kontrollierte Ringbildung .....	456
13.6.2. Cyclo-Polykondensationen .....	459
13.7. Co-Polykondensationen und -additionen .....	461
13.7.1. Echte Co-Polykondensationen und -additionen .....	461
13.7.2. Polykondensation unsymmetrischer Monomere .....	464
13.8. Verzweigende Polykondensationen und -additionen .....	468
13.8.1. Einführung .....	468
13.8.2. Sternpolymere .....	469
13.8.3. Hyperverzweigte Polymere .....	470
13.8.4. Dendrimere .....	472
13.9. Vernetzende Polykondensationen und -additionen .....	475

13.9.1.	Einführung .....	475
13.9.2.	Duroplaste .....	476
13.9.3.	Funktionalitäten .....	477
13.9.4.	Gelpunkte .....	478
13.9.5.	Molmassen .....	480
A-13	Anhang: Ableitung der Gl.(13-25) .....	484
	Historische Notizen .....	484
<b>14.</b>	<b>Biologische Polyreaktionen .....</b>	<b>487</b>
14.1.	Einführung .....	487
14.1.1.	Übersicht .....	487
14.1.2.	Zellen .....	488
	Zellmembranen .....	489
	Zellwände .....	490
	Zellkerne .....	490
	Cytoplasma .....	491
	Zellorganellen .....	491
	Biologische Reaktionen .....	491
14.2.	Nucleinsäuren .....	492
14.2.1.	Chemische Struktur .....	492
14.2.2.	Desoxyribonucleinsäuren .....	494
14.2.3.	Ribonucleinsäuren .....	497
14.2.4.	Nucleoproteine .....	499
14.2.5.	Funktion der Nucleinsäuren .....	500
	Replikation .....	501
	Transkription .....	502
14.2.6.	Zellfreie Polynucleotid-Synthesen .....	503
14.2.7.	Chemische Polynucleotid-Synthesen .....	504
14.3.	Proteine .....	505
14.3.1.	Aminosäuren .....	505
14.3.2.	Einteilung und Vorkommen .....	507
14.3.3.	Primärstrukturen .....	508
14.3.4.	Sekundär- und Tertiärstrukturen .....	509
14.3.5.	Quartärstrukturen .....	511
14.3.6.	Denaturierung .....	511
14.3.7.	Präbiotische Synthesen .....	512
14.3.8.	Biosynthesen .....	512
14.3.9.	Sphäroidale Proteine .....	515
14.3.10.	Enzyme .....	516
14.3.11.	Skleroproteine .....	518
14.3.12.	Mutationen .....	519
14.3.13.	Peptid-und Proteinsynthesen .....	521
	Poly( $\alpha$ -aminosäure)n .....	521
	Synthetische Peptide .....	521
	Technische Proteine .....	522

14.4. Polysaccharide .....	522
14.4.1. Vorkommen und Bedeutung .....	522
14.4.2. Monosaccharide .....	523
14.4.3. Oligosaccharide .....	527
14.4.4. Bau und Nomenklatur der Polysaccharide .....	528
14.4.5. Biosynthesen .....	532
14.4.6. Enzymatische Polyreaktionen .....	533
14.4.7. Stufenweise Synthesen .....	537
14.4.8. Ringöffnungpolymerisationen .....	538
14.5. Andere Biopolymere .....	539
14.5.1. Poly(isoprene) .....	539
14.5.2. Polyester .....	540
14.5.3. Lignine .....	541
<b>15. Reaktionen von Makromolekülen .....</b>	<b>547</b>
15.1. Überblick .....	547
15.2. Polymere Katalysatoren .....	547
15.3. Isomerisierungen .....	551
15.3.1. Austauschgleichgewichte .....	551
15.3.2. Konstitutions-Umwandlungen .....	552
15.3.3. Konfigurations-Umwandlungen .....	552
Cis-trans-Isomerisierungen .....	553
Isomerisierung von taktischen Polymeren .....	553
15.4. Polymeranaloge Reaktionen .....	554
15.4.1. Übersicht .....	554
15.4.2. Säure-Base-Reaktionen .....	555
15.4.3. Ionenaustauscher .....	557
15.4.4. Polymer-Transformationen .....	558
15.4.5. Intramolekulare Ringschluss-Reaktionen .....	561
15.4.6. Polymer-Reagenzien .....	564
15.5. Abbau-Reaktionen .....	565
15.5.1. Übersicht .....	565
15.5.2. Kettenspaltungen .....	565
Abbaugrad .....	565
Geschwindigkeitskonstanten .....	567
Kinetik .....	568
Nicht-statistische Kettenspaltungen .....	570
15.5.3. Depolymerisationen .....	571
15.5.4. Pyrolyse .....	574
A-15 Anhang: Intramolekulare Cyclisierung .....	577
Historische Notizen .....	579
<b>16. Konstruieren von Makromolekülen .....</b>	<b>582</b>
16.1. Architektur .....	582
16.2. Ringe, Röhren und Kugeln .....	583
16.2.1. Einfache Ringe .....	583

16.2.2.	Kombinationen von Ringen .....	583
16.2.3.	Röhrenpolymere und Mikroröhren .....	585
16.2.4.	Hohlkugeln und Polymersäcke .....	586
16.2.5.	Kompakte Kugeln .....	586
16.3.	Fäden und Borsten .....	586
16.3.1.	Suprapolymere .....	586
16.3.2.	Blockpolymere .....	588
	Blockbildende Copolymerisationen .....	588
	Blockcopolymerisationen .....	588
	Blockpolymerisationen .....	588
	Blockkopplungen .....	590
	Polymerisationsgrade bei Kopplungen .....	591
16.3.3.	Sternpolymere .....	592
16.3.4.	Kammpolymere .....	592
16.4.	Doppelstränge, Schichten und Folien .....	594
16.4.1.	Leiterpolymere .....	594
16.4.2.	Schichtenpolymere .....	595
16.5.	Gitter und Netzwerke .....	597
16.5.1.	Typen von Netzwerken .....	597
16.5.2.	Vernetzungsreaktionen .....	598
A-16	Anhang: Vereinen von Primärmolekülen .....	600
<b>17.</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>603</b>
17.1.	SI-Einheiten und IUPAC-Symbole .....	603
Tab. 17-1	Physikalische Grundgrößen und SI-Grundeinheiten ....	603
Tab. 17-2	Abgeleitete SI-Einheiten und IUPAC-Symbole .....	604
Tab. 17-3	Neben oder mit SI-Einheiten verwendete ältere Einheiten ..	605
Tab. 17-4	Vorsätze für SI-Einheiten .....	606
Tab. 17-5	Andere Symbole für Zahlen .....	606
Tab. 17-6	Römische Zahlzeichen .....	606
17.2.	Zahlwörter .....	607
17.3.	Fundamentale Konstanten .....	608
17.4.	Konzentrationen .....	608
17.5.	Verhältnisse physikalischer Größen .....	609
<b>Sachregister .....</b>	<b>611</b>	
<b>Englische Fachausdrücke .....</b>	<b>635</b>	