

## Inhaltsverzeichnis

**Geleitwort** IX

**Vorwort** XI

<b>1</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>1</b>
1.1	Geschichte	1
1.2	Einleitung	4
1.2.1	Begriffe	4
1.2.2	Der Polymerisationsgrad	5
1.2.3	Nomenklatur	7
1.3	Aufbau von Makromolekülen	9
1.3.1	Abfolge der Wiederholungseinheiten	9
1.3.2	Topologie	9
1.3.3	Homo- oder Copolymere	10
1.3.4	Isomerie	12
1.4	Molare Massen	23
1.5	Eigenschaften von Polymeren als Festkörper	28
	Literatur	30
<b>2</b>	<b>Synthese von Polymeren</b>	<b>33</b>
2.1	Überblick und Einteilung	33
2.1.1	Mechanismen der Polymerisation	33
2.1.2	Thermodynamische Voraussetzungen	34
2.2	Kettenpolymerisation	45
2.2.1	Teilreaktionen	45
2.2.2	Lebende Polymerisation	47
2.2.3	Abbruch, Übertragung und langsamer Start	51
2.3	Ionische Polymerisationen	63
2.3.1	Anionische Polymerisation	65
2.3.2	Kationische Polymerisation	77
2.4	Radikalische Polymerisation	101
2.4.1	Allgemeines	101
2.4.2	Start	102
2.4.3	Wachstum	105
2.4.4	Abbruch	108

2.4.5	Stationärer Zustand und Polymerisationsgrad	110
2.4.6	Übertragung und Polymerisationsgrad	116
2.4.7	Kontrollierte radikalische Polymerisation	136
2.4.8	Polymerisation in heterogenen Systemen	142
2.5	Polyinsertion	145
2.5.1	Einleitung	145
2.5.2	Cossee-Arlman-Mechanismus	147
2.5.3	Orientierung der Monomere	148
2.5.4	Ziegler-Natta-Katalysatoren	154
2.5.5	Metallocen-Katalysatoren	161
2.5.6	Metathese	173
2.6	Polyaddition und Polykondensation	178
2.6.1	Einleitung	178
2.6.2	Reaktanten	181
2.6.3	Kinetik der Stufenreaktion	184
2.6.4	Polymerisationsgrad und Verteilung	188
2.6.5	Verzweigte und vernetzte Systeme	197
2.7	Copolymerisation	203
2.7.1	Synthese von Copolymeren	203
2.7.2	Statistische Copolymere	205
2.7.3	Block- und Pfropfcopolymere	225
2.8	Reaktionen von Polymeren	234
2.8.1	Polymeranaloge Reaktionen	234
2.8.2	Abbaureaktionen	239
	Literatur	241
<b>3</b>	<b>Eigenschaften von Polymeren in Lösung</b>	<b>255</b>
3.1	Modelle zur Beschreibung der Abmessungen von Makromolekülen	255
3.1.1	Einleitung	255
3.1.2	Statistisches Knäuel und flexible Kette	257
3.1.3	Starres Stäbchen und wurmartige Kette	266
3.1.4	Trägheitsradius	271
3.2	Thermodynamik von Polymerlösungen	275
3.2.1	Einführung	275
3.2.2	Ideale Lösung	275
3.2.3	Reguläre Lösung	285
3.2.4	Verhalten idealer Mischungen	300
3.2.5	Verhalten regulärer Mischungen	308
3.2.6	Phasendiagramme regulärer Mischungen	320
3.2.7	Grenzen des Flory-Huggins-Modells und Exzessgrößen	326
3.2.8	Virialkoeffizienten und Qualität des Lösungsmittels	329
3.2.9	Hydrodynamischer Radius	335
3.2.10	Konzentrationsregime von Polymeren in Lösung	338
3.3	Verteilungen	342
3.3.1	Anzahl, Masse und Anteil	342
3.3.2	Mittelwerte und Gewichte	354

3.3.3	Breite der Verteilung	367
3.4	Methoden zur Bestimmung der molaren Massen	371
3.4.1	Einleitung	371
3.4.2	Bestimmung der Endgruppen	371
3.4.3	Osmose	375
3.4.4	Lichtstreuung	384
3.4.5	Ultrazentrifuge	397
3.4.6	Viskosität	415
3.4.7	Methoden zur Bestimmung der Verteilung	423
3.4.8	Zusammenfassung und Vergleich	437
	Literatur	439
<b>4</b>	<b>Eigenschaften von Polymeren als Festkörper</b>	<b>445</b>
4.1	Thermische Eigenschaften	445
4.1.1	Einleitung	445
4.1.2	Schmelzen und Kristallisieren	446
4.1.3	Der Glasübergang	450
4.1.4	Kristallisation bei Polymeren	457
4.1.5	Experimentelle Bestimmung der Phasenübergänge	458
4.2	Mechanische Eigenschaften	465
4.2.1	Elastisches und plastisches Verhalten	465
4.2.2	Elastische Verformung	465
4.2.3	Plastisches Fließen	472
4.2.4	Elastizität und Viskosität	480
4.2.5	Kautschukelastizität	489
4.3	Grundlagen der Streuung	495
4.3.1	Einleitung	495
4.3.2	Weitwinkelstreuung	507
4.3.3	Kleinwinkelstreuung	514
4.3.4	Zusammenfassung	521
4.4	Mikroskopische Verfahren	522
4.4.1	Einleitung	522
4.4.2	Elektronenmikroskopie	523
4.4.3	Rasterelektronenmikroskopie (REM)	524
4.4.4	Transmissionselektronenmikroskopie (TEM)	528
4.4.5	Rasterkraftmikroskopie (AFM)	533
4.4.6	Zusammenfassung	535
	Literatur	536
<b>5</b>	<b>Herstellung und Verwendung von Polymeren als Werkstoffe</b>	<b>539</b>
5.1	Einleitung	539
5.2	Thermoplaste	541
5.2.1	Amorphe Thermoplaste	541
5.2.2	Semikristalline Thermoplaste	547
5.3	Duroplaste (Harze)	563
5.3.1	Epoxidharz (EP)	563
5.3.2	Ungesättigtes Polyesterharz (UP) und Alkydharze	567

5.3.3	Phenol-Formaldehydharz (PF)	568
5.3.4	Harnstoff- und Melamin-Formaldehydharz (UF und MF)	572
5.3.5	Polyurethan (PUR)	574
5.3.6	Polyimid (PI)	577
5.4	Elastomere	579
5.4.1	Naturkautschuk („natural rubber“, NR) und Synthesekautschuk (Isopren-Rubber, IR)	579
5.4.2	Styrol-Butadien-Kautschuk (SBR)	581
5.4.3	Acrylnitril-Butadien-Kautschuk („nitrile-butadiene rubber“, NBR)	582
5.4.4	Chloropren-Kautschuk („chloroprene rubber“, CR)	583
5.4.5	Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk (EPDM)	583
5.4.6	Polysiloxane/Siliconkautschuk (Q)	584
5.5	Additive und Hilfsmittel	586
5.5.1	Gleitmittel	586
5.5.2	Füll- und Verstärkungsstoffe	587
5.5.3	Weichmacher	588
5.5.4	Flammschutzmittel	589
5.5.5	Färbemittel	590
	Literatur	591

## **6      Ausblick: Dendrimere als aktuelles Gebiet der Forschung    595**

6.1	Grundlagen	595
6.2	Synthese	596
6.2.1	Divergente Synthese	597
6.2.2	Konvergente Synthese	601
6.3	Eigenschaften der Dendrimere	611
6.4	Anwendungen in der Pharmazie	614
6.4.1	Wirkstoff-Freisetzung	614
6.4.2	Einsatz in bildgebenden Verfahren	615
6.4.3	Einsatz als Mikrobiozide	615
6.5	Zusammenfassung	619
	Literatur	619

## **Stichwortverzeichnis    623**