

Polymere – Chemie und Strukturen

Herstellung, Charakterisierung und Werkstoffe

Peter F.W. Simon und Amir Fahmi

WILEY-VCH
Verlag GmbH & Co. KGaA

Inhaltsverzeichnis

Geleitwort *IX*

Vorwort *XI*

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

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
3	Eigenschaften von Polymeren in Lösung	255
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
- 4 Eigenschaften von Polymeren als Festkörper 445**
 - 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
- 5 Herstellung und Verwendung von Polymeren als Werkstoffe 539**
 - 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