

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>ALLGEMEINER TEIL .....</b>	<b>1</b>
1.1	GRUNDBEGRIFFE .....	1
1.1.1	Begriffsbestimmungen .....	1
1.1.2	Nomenklatur.....	5
1.1.3	Einteilung der Polymere.....	6
1.1.4	Grundlagen der Polyreaktion.....	7
1.2	RADIKALISCHE POLYMERISATION .....	11
1.2.1	Radikalbildung/Startreaktion .....	11
1.2.1.1	Thermische Initiatoren.....	12
1.2.2	Wachstumsreaktion/Abbruchreaktionen .....	14
1.2.2.1	Kinetische Kettenlänge.....	16
1.2.2.2	Kettenübertragung .....	18
1.2.2.3	Lebende radikalische Polymerisation .....	20
1.2.2.4	Inhibitoren und Verzögerer .....	20
1.3	IONISCHE POLYMERISATION .....	21
1.3.1	Polymerisationsgrad und Kinetik der ionischen Polymerisation .....	22
1.3.2	Anionische Polymerisation .....	23
1.3.2.1	Initiatoren .....	24
1.3.2.2	Abbruchreaktionen .....	25
1.3.3	Kationische Polymerisation.....	25
1.3.3.1	Initiatoren .....	26
1.3.3.2	Vergleich anionischer mit kationischer Polymerisation.....	27
1.4	POLYINSERTION .....	28
1.4.1	Katalysatoren.....	28
1.4.2	Monomere .....	29
1.4.3	Mechanismus der Insertionsreaktion.....	29
1.4.4	Metathesepolymerisation .....	32
1.4.5	Gruppentransferpolymerisation.....	34
1.5	POLYKONDENSATION UND POLYADDITION .....	34
1.5.1	Monomere .....	35
1.5.2	Polymerisationsgrad .....	35
1.5.3	Polymerverteilung .....	38
1.5.4	Ringbildung.....	40
1.5.5	Dendrimere.....	41
1.5.6	Vernetzende Polykondensation/-addition .....	42
1.6	COPOLYMERISATION .....	43
1.6.1	Theorie der Copolymerisation.....	44
1.6.2	Q,e-Schema .....	47

---

1.7	MISCHUNGEN VON POLYMEREN (POLYMERBLENDS) .....	49
1.8	POLYMERISATION DURCH STRAHLUNG .....	50
1.8.1	Photoaktive Polymere .....	51
1.9	REAKTIONEN VON MAKROMOLEKÜLEN .....	51
1.9.1	Reaktionen bei Konstanz von Polymerisationsgrad und Polymer- verteilung .....	52
1.9.2	Isomerisierung .....	53
1.9.3	Reaktionen unter Erniedrigung des Polymerisationsgrads .....	53
1.9.3.1	Alterung .....	56
1.9.4	Reaktionen unter Erhöhung des Polymerisationsgrads .....	57
<b>2</b>	<b>STRUKTUR UND EIGENSCHAFTEN VON POLYMEREN.....</b>	<b>58</b>
2.1	STRUKTUR DER POLYMERE.....	58
2.1.1	Anordnung von Substituenten entlang der Polymerkette .....	58
2.1.1.1	Konstitution, Konfiguration, Konformation .....	58
2.1.1.2	Taktizität .....	59
2.1.2	Konformationen von Polymermolekülen .....	62
2.1.2.1	Mikrokonformation.....	62
2.1.2.2	Makrokonformation .....	64
2.2	EIGENSCHAFTEN VON POLYMERVERBINDUNGEN IN FLÜSSIGER UND FESTER PHASE .....	67
2.2.1	Flüssiger bzw. gelöster Zustand von Polymeren .....	67
2.2.1.1	Löslichkeitsparameter .....	69
2.2.1.2	Flory-Huggins-Theorie .....	70
2.2.1.3	Osmotischer Druck .....	71
2.2.1.4	Viskosität verdünnter Lösungen .....	73
2.2.1.5	Konzentrierte Lösungen.....	75
2.2.1.6	Methoden zur Viskositätsbestimmung.....	77
2.2.1.7	Flüssigkristalliner Zustand.....	78
2.2.2	Fester Zustand von Polymeren .....	80
2.2.2.1	Kristallisationskinetik .....	81
2.2.2.2	Mechanische Eigenschaften.....	83
2.2.2.3	Energie- und Entropieelastizität.....	84
2.2.2.4	Thermisches Verhalten .....	86
2.3	ZAHLENMITTEL, GEWICHTSMITTEL, UNEINHEITLICHKEIT UND MOL- MASSENVERTEILUNG.....	89
<b>3</b>	<b>TECHNISCHE HERSTELLUNG VON POLYMEREN.....</b>	<b>93</b>
3.1	KOHLENWASSERSTOFFE.....	93
3.1.1	Poly(ethylen) PE .....	93
3.1.1.1	Hochdruckpolyethylen LD-PE.....	94
3.1.1.2	Niederdruckpolyethylen HD-PE und Copolymerisate .....	95
3.1.2	Poly(propylen) PP.....	96
3.1.3	Poly(1-buten), Poly(isobutylen) und höhere Poly(1-olefin)e.....	98
3.1.4	Poly(acetylen) .....	98
3.2	POLYVINYLVERBINDUNGEN.....	98
3.2.1	Poly(styrol) (PS) .....	98

---

3.2.2	Dienpolymerisate aus Butadien, Isopren und Chloropren.....	100
3.2.2.1	Poly(butadien) .....	100
3.2.2.2	Poly(isopren) .....	102
3.2.2.3	Poly(chloropren).....	103
3.2.2.4	Kautschuke .....	103
3.2.3	Poly(vinylacetat) und Folgeprodukte (Poly(vinylalkohol), Polyvinyl- acetale) .....	104
3.2.3.1	Poly(vinylacetat).....	104
3.2.3.2	Poly(vinylalkohol).....	104
3.2.3.3	Polyvinylacetale.....	105
3.2.4	Polyvinylether und Poly(N-vinylpyrrolidon) .....	105
3.2.4.1	Polyvinylether.....	105
3.2.4.2	Poly(N-vinylpyrrolidon) PVP.....	105
3.2.5	Poly(vinylchlorid) (PVC).....	106
3.2.6	Fluorpolymere .....	107
3.3	POLYACRYLATE .....	108
3.3.1	Poly(acrylsäure) und Poly(acrolein).....	108
3.3.2	Poly(acrylnitril), Poly( $\alpha$ -cyanacrylat) und Poly(acrylamid).....	108
3.3.3	Polyacrylsäureester und Polymethacrylsäureester.....	109
3.3.3.1	Poly(methylmethacrylat) (PMMA).....	109
3.3.3.2	Copolymerisate auf Acrylat/Methacrylatbasis.....	110
3.4	KOHLENSTOFF-SAUERSTOFF-KETTEN .....	110
3.4.1	Polyacetale .....	110
3.4.1.1	Poly(oxymethylen) .....	111
3.4.2	Polyether.....	112
3.4.2.1	Poly(ethylenoxid) .....	112
3.4.2.2	Poly(propylenoxid).....	112
3.4.2.3	Poly(tetramethylenoxid) (Poly(tetrahydrofuran)).....	112
3.4.2.4	Polyphenylenoxide .....	113
3.5	POLYESTER UND POLYCARBONATE.....	114
3.5.1	AB- bzw. AABB-Polyester auf Basis aliphatischer oder aromatischer Carbonsäuren.....	114
3.5.1.1	AB-Polyester .....	114
3.5.1.2	AABB-Polyester.....	114
3.5.2	Polycarbonate .....	115
3.5.3	Ungesättigte Polyesterharze .....	116
3.6	POLYAMIDE.....	116
3.6.1	AABB-Polyamide (PA <sub>x.y</sub> ).....	117
3.6.2	AB-Polyamide (PA <sub>x</sub> ) .....	118
3.6.2.1	Poly( $\epsilon$ -caprolactam).....	119
3.6.3	Polyaramide (aromatische Polyamide).....	121
3.7	KOHLENSTOFF-SCHWEFEL-KETTEN.....	122
3.7.1	Poly(phenylensulfid) (PPS).....	122
3.7.2	Polyethersulfone und strukturverwandte Polymere (Polyetherketone) ..	123
3.8	REAKTIVSYSTEME .....	124
3.8.1	Alkydharze .....	124
3.8.1.1	Rohstoffe .....	124

---

3.8.1.2	Herstellung von Alkydharzen .....	126
3.8.1.3	Trocknungsverhalten von Alkydharzen .....	126
3.8.2	Phenolharze .....	127
3.8.2.1	Resole und Novolake .....	128
3.8.2.2	Härtung selbstreaktiver Phenolharze (Resole).....	129
3.8.2.3	Härtung nicht selbstreaktiver Phenolharze (Novolake) .....	130
3.8.3	Epoxidharze (EP).....	130
3.8.3.1	Aromatische Polyepoxide .....	130
3.8.3.2	Aliphatische und cycloaliphatische Polyepoxide.....	132
3.8.3.3	Stickstoff enthaltende Polyepoxide.....	132
3.8.3.4	Härtung von Epoxidharzen .....	133
3.8.3.5	Einsatzgebiete von Epoxidharzen als Beschichtungssysteme .....	135
3.8.4	Polyimide (PI).....	135
3.8.4.1	Polymerbildung durch In-situ-Bildung von Imidgruppen.....	136
3.8.4.2	Polymerbildung durch Verknüpfung Imidgruppen enthaltender Prepolymere .....	137
3.8.5	Silikone.....	138
3.8.5.1	Eigenschaften von Silikonharzen.....	138
3.8.5.2	Herstellung von Chlorsilanen und Polysiloxanen.....	138
3.8.5.3	Härtung von Silikonharzen .....	139
3.8.6	Aminoharze .....	140
3.8.6.1	Harnstoffharze (Harnstoff-Formaldehydharze) .....	141
3.8.6.2	Melamin-Formaldehydharze .....	142
3.8.7	Polyurethane .....	143
3.8.7.1	Großtechnische Herstellung von Isocyanaten.....	144
3.8.7.2	Technisch wichtige Diisocyanate.....	145
3.8.7.3	Basisreaktionen von Isocyanaten .....	147
3.8.7.4	Oligomerisierungsreaktionen und Prepolymerbildung .....	150
3.9	AUSRÜSTEN, KONFEKTIONIEREN, COMPOUNDIEREN VON KUNSTSTOFFEN .....	151
3.9.1	Stabilisatoren .....	151
3.9.1.1	Antioxidantien .....	151
3.9.1.2	Lichtschutzmittel .....	152
3.9.1.3	Flammschutzmittel.....	153
3.9.1.4	Wärmestabilisatoren .....	153
3.9.2	Füllstoffe, Weichmacher .....	153
3.9.3	Verbundwerkstoffe .....	154
<b>4</b>	<b>VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG UND WIEDERVERWERTUNG VON POLYMEREN.....</b>	<b>156</b>
4.1	HERSTELLUNG VON POLYMERVERBINDUNGEN .....	156
4.1.1	Lösungspolymerisation.....	156
4.1.2	Fällungspolymerisation.....	157
4.1.3	Substanzpolymerisation (Massepolymerisation) .....	157
4.1.4	Suspensionspolymerisation (Perlpolymerisation).....	157
4.1.5	Emulsionspolymerisation .....	158
4.1.6	Reaktortypen zur Herstellung von Polymeren.....	160

---

4.2	WIEDERVERWERTUNG VON KUNSTSTOFFERZEUGNISSEN .....	161
4.2.1	Wertstoffrecycling .....	162
4.2.2	Rohstoffrecycling .....	163
4.2.3	Energetische Verwertung .....	164
<b>5</b>	<b>ANHANG .....</b>	<b>165</b>
5.1	ABKÜRZUNGEN VON POLYMEREN .....	165
5.2	SONSTIGE ABKÜRZUNGEN .....	166
	<b>LITERATUR .....</b>	<b>169</b>
	<b>STICHWORTVERZEICHNIS .....</b>	<b>171</b>