

Makromolekulare Chemie 2002

Die Forschung in der makromolekularen Chemie konzentrierte sich auf die Katalyse sowie den Aufbau komplexer Polymerstrukturen überwiegend aus alten, aber auch aus neuen Monomeren. Kinetische Messungen helfen, Polyreaktionsmechanismen besser zu verstehen. Bei den Funktionspolymeren rücken organische lichtemittierende Dioden und Materialien für die Nanotechnologie immer stärker ins Blickfeld.

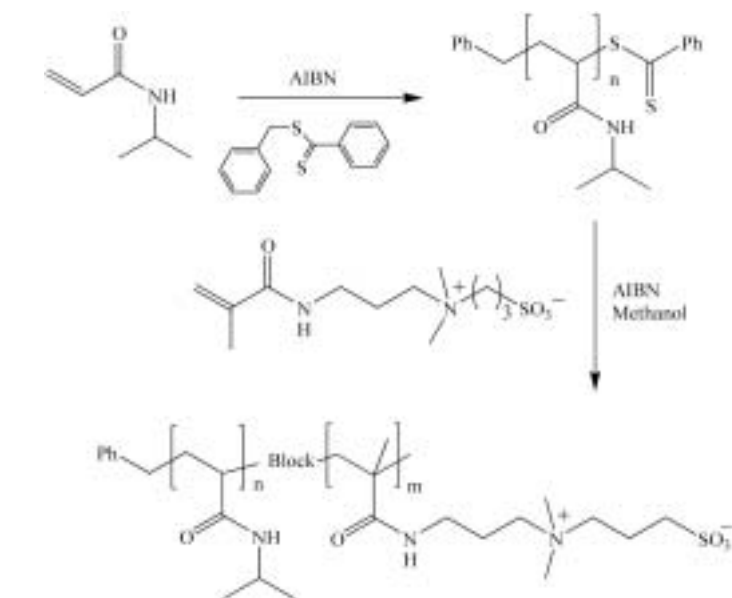
Abb. 1.
Synthese von Block-
copolymeren nach
der RAFT-
Methode.¹²⁾

Polyreaktionen

Die makromolekulare Chemie hat auch im zurückliegenden Jahr mit ihren wissenschaftlichen Beiträgen erheblich zu den anhaltenden wirtschaftlichen Erfolgen in der Kunststoff- und Lackindustrie beigetragen.

Aufgrund der großen Bedeutung der Polyolefine setzen sich zahlreiche Arbeitsgruppen weiter mit Mechanismen und Grenzen der Metallocenkatalyse auseinander. Bei den Polykondensaten tauchen neuerdings verstärkt wieder Arbeiten über ringförmige Systeme auf, doch ist das Interesse an den schon länger bekannten hochverzweigten Strukturen ungebrochen. Die kontrollierte Polymerisation ist mit ihren potentiellen Anwendungen nach wie vor im Blickfeld. Spezielle Reaktionsmechanismen werden in klassischer Weise durch kinetische Studien und durch Strukturvariationen aufgeklärt. Die grundlegenden Arbeiten in der Materialforschung konzentrieren sich auf feine Strukturen von Fasern, Schichten und Kugeln. Wie auch in den Jahren zuvor spielen optische Effekte eine bedeutende Rolle.

Leider ist es nur annähernd machbar, ja fast unmöglich, aus der Fülle der interessanten Polymerarbeiten alle wesentlichen auszuwählen. Um dennoch ein möglichst objektives Bild zu erhalten, sichteteten die Autoren des



diesjährigen Trendberichtes nicht nur wie sonst auch die Fachjournale, sondern baten auch Kollegen, ihnen die ihrer Meinung nach wichtigsten Arbeiten zu nennen. Die Vorschläge wurden weitgehend berücksichtigt.

Polyolefine

Von insgesamt weltweit 80 Millionen Tonnen Polyolefinen werden 75 % unter Einsatz von Übergangsmetallkatalysatoren hergestellt. Neue Katalysatoren mit Metallocen-Halbsandwich-Struktur oder mit späten Übergangsmetallen ermöglichen es in steigendem Maße, Mikrostruktur, Taktizitäten und Aufbau von Co-

und Blockcopolymeren einzustellen. Dazu kommen Möglichkeiten, die hydrolyseempfindlichen Übergangsmetallkatalysatoren so zu stabilisieren, dass Polymerisationen von Olefinen in Emulsion und Suspension gelingen.

So polymerisieren Nickelkomplexe in wässrigem Medium Ethylen,¹⁾ und bei der Polymerisation von Ethylen mit neutralen Nickel(II)-Komplexen entstehen stabile Latices von niedermolekularem Polyethylen. Die Katalysatoren sind bei der wässrigen Polymerisation über Stunden stabil. Die Katalysatoraktivitäten und die Molmassen der Polymere sind geringer als bei der Poly-

merisation in organischen, unpolaren Lösungsmitteln. Komplexe mit Salicylaldimin-Liganden liefern in Kombination mit perfluoriertem Triphenylboran auch in wässrigen Systemen hochmolekulares Polyethylen. Das Lösungsmittel hat dabei keinen Einfluss auf die Mikrostruktur des erzeugten Polyethylens.

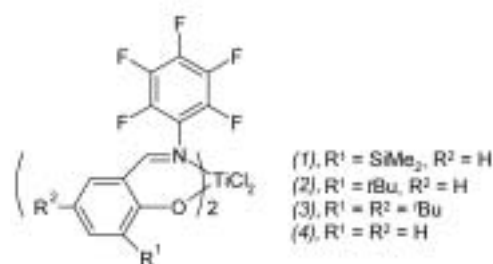
Weitere Arbeiten befassten sich mit der lebenden Polymerisation von Ethylen und Propylen. In einem Übersichtsartikel²⁾ wurden die verschiedenen dafür eingesetzten Katalysatorsysteme vorgestellt und die Möglichkeiten diskutiert, durch lebende Polymerisation Blockcopolymere zu erhalten. Eine besondere Stellung nehmen Fujitas³⁾ Titankomplexe (1) – (4) ein. In Kombination mit Methylaluminoxan (MAO) sind diese Verbindungen nicht nur in der Lage, Ethylen und Propylen mit guten Aktivitäten ohne Kettenabbruch zu polymerisieren, es bleibt auch der lebende Charakter bei hohen Temperaturen bestehen. Es werden Polydispersitäten von zum Teil 1,05 erhalten. So hergestellte syndiotaktische Polypropylene schmelzen bei über 150 °C.

Auch die Polymerisation von polaren Monomeren mit Übergangsmetallkomplexen gelingt immer besser. So bildet sich bei der Katalyse mit chiralen dimethylsilylverbrückten Tetramethylcyclopentadienyl- und Indenyltitanimido-Komplexen wie (5) syndiotaktisches Polymethylmethacrylat (PMMA), wobei neben perfluoriertem Triphenylboran auch das superacide $\text{Al}(\text{C}_6\text{F}_5)_3$ zur Aktivierung eingesetzt werden kann.⁴⁾ Metallocen- und Single-site-Katalysatoren lassen sich auch mit weiteren Perfluorarylboranen und Perfluordiboranthracenen aktivieren.

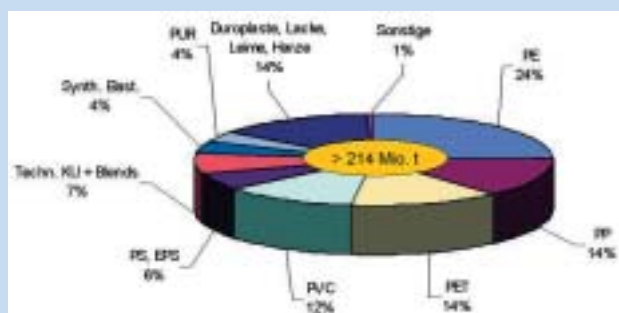
Die Polymerisation von 1,3-Buta-

dien mit Neodymversat/Diisobutylaluminiumhydrid-Katalysatoren führt zu Polymeren mit 97% Cis-, 2% Trans- und 1% 1,2-Anteilen.⁵⁾ Kinetische Untersuchungen belegen, dass dieser Ziegler-Natta-Katalysator lebenden Charakter aufweist und die Herstellung von Elastomeren mit hohen Molekulargewichten erlaubt.

Die Synthese von ultrahochmolekularem elastischem Polypropylen ($700\,000 - 5\,000\,000 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$) gelang erstmals durch Homopolymerisation von Propylen mit einem asymmetrischen Hafnium(IV)-Katalysator und Trityltetrakis(pentafluorphenyl)borat $[\text{CPh}_3][\text{B}(\text{C}_6\text{F}_5)_4]$ als Cokatalysator. Die Eigenschaften der erhaltenen Polymere ähneln denen komplexerer Polymere wie SBS-Blockcopolymere und kommen denen von Naturkautschuk nahe.⁶⁾



Stereospezifische ringöffnende Copolymerisation von enantiomerenreinem Propylenoxid und Kohlenmonoxid mit dem Katalysator Dicobaltoctacarbonyl/3-Hydroxypyridin führt zu isotaktischem Polyhydroxybutyrat (PHB). Als Nebenprodukt wurde β -Butyrolacton (ca. 15%) isoliert. Entscheidend für die Bildung des Polyesters, einem biologisch abbaubaren Kunststoff, ist offensichtlich die Anwesenheit einer Base wie Pyridin.⁷⁾ →



Markanteile einzelner Polymergruppen im Jahr 2001. Grafik: Bayer

◆ Industrielle makromolekulare Chemie: die wirtschaftliche Entwicklung im Jahr 2001

Nach dem für die Kunststoffindustrie extrem guten Jahr 2000 war im Folgejahr nur ein leichter Anstieg des weltweiten Verbrauchs synthetischer Polymere auf 214 Mio. t zu verzeichnen. Die Marktanteile der einzelnen Polymergruppen sind in der Abbildung dargestellt. Hauptsächlich ist dieses Ergebnis auf die negative Entwicklung in der Automobilindustrie sowie der Bau- und Elektronikbranche zurückzuführen. Insbesondere im amerikanischen und japanischen Markt waren die Rückgänge besonders deutlich zu

spüren. Dagegen wuchs der südostasiatische Markt im Jahr 2001 um 6%; in Europa wurde ein moderates Wachstum von 2% erreicht. Eine ähnliche Entwicklung wird auch für das Jahr 2002 erwartet. Gegenwärtig verfügen Asien, Amerika und Europa über annähernd gleiche Produktionsmengen. Die Prognose für die weiteren Jahre liegt bei einem weltweiten jährlichen Wachstum von etwa 5%, wobei die größten Steigerungen mit etwa 8% in den Märkten Südostasiens zu erwarten sind. Diese Entwicklung führt unter anderem dazu, dass Asien ab etwa dem Jahr 2004 über die größten Produktionskapazitäten verfügen wird.

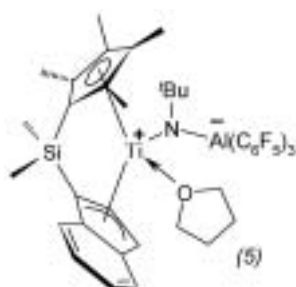
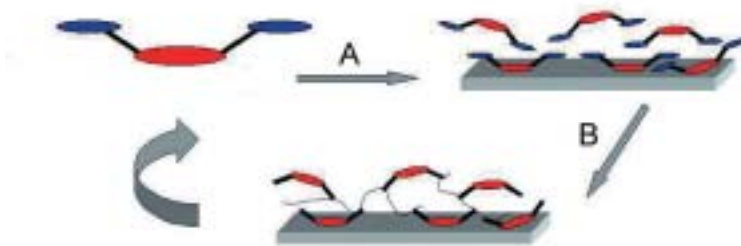


Abb. 2.

Spincoating mit difunktionellem Precursor zur Herstellung von Multischichten-OLEDs.¹⁴⁾ Orange: Gruppe mit Ladungstransporteigenschaften, blau: polymerisierbare Gruppe, A: Spincoating, B: Vernetzen.



Als Katalysatorsystem für die Polymerisation von Propylen wurde auch der Komplex 2,6-Bis-[1-(2-isopropylmethylphenylimino)ethyl]pyridineisen(II)-dichlorid in Kombination mit Trityltetrakis(pentafluorphenyl)borat verwendet; vor dem Einsatz wurde der Katalysator mit Triisobutylaluminium (TIBA) behandelt. Die hohe Aktivität des Systems kommt durch Zugabe von 8 Vol.-% Wasserstoff zustande und ist offenbar auf die Bildung eines Eisenhydrids, welche durch die H₂-Zufuhr begünstigt wird, zurückzuführen.⁸⁾ MAO aktiviert in diesem Fall weniger stark.

Bei der Einwirkung von sichtbarem Licht auf ein mit O₂ oder CO₂ kontaminiertes Katalysatorsystem [BuCp₂ZrCl₂]/MAO tritt eine drastische Veränderung der Polymerisationsgeschwindigkeit, der Molmassen

und der Ausbeuten bei der Polymerisation von Ethylen auf. So konnte z. B. der mit O₂ bzw. CO₂ vergiftete Katalysator nach 40 Minuten Belichtung seine volle Aktivität zurück erlangen. Hierbei wurde in Abhängigkeit vom Vergiftungsgrad des Katalysators Polyethylen in hohen Ausbeuten, aber gleichzeitig mit niedrigeren Molmassen erhalten.⁹⁾

Weitere Polyreaktionen

◆ Anfang der 80er Jahre wurde über die hydrolytische Polykondensation von Bisphenol-A-bis(chlorformiat) in einem zweiphasigen System aus CH₂Cl₂ und wässriger NaOH-Lösung berichtet. Abhängig von den Reaktionsbedingungen bilden sich neben hochmolekularen linearen Polycarbonaten ringförmige

Fragmente in großer Menge, wobei es damals nicht möglich war, eine genaue Beziehung zwischen den Reaktionsbedingungen und dem Umfang der Zyklisierung und den Molmassen der ringförmigen Fragmente herzustellen. Erst nach 20 Jahren konnte massenspektrometrisch (MALDI-TOF) gezeigt werden, dass die kinetisch kontrollierten Polykondensationen zu ringförmigen Derivaten als Hauptprodukt führen. Diese Arbeiten bekräftigten auch die Hypothese, dass die Zyklisierungstendenz bei synthetischen Polymeren und bei Biopolymeren wie DNS in vivo den gleichen kinetischen und thermodynamischen Hintergrund haben.¹⁰⁾

Mit modifiziertem Poly(ethylenoxid) (PEO) unterschiedliche Molmassen (2000–20000 g·mol⁻¹) als Makroinitiator für die kontrollierte lebende radikalische Polymerisation (ATRP) wurde eine neue Alternative zur Synthese von Blockcopolymeren vorgestellt. Durch Erhitzen von Styrol mit PEO-Initiator/CuCl/bipy wurde z. B. amphiphiles PEO-*b*-PS erhalten.¹¹⁾ Kinetische Messungen tragen zum Verständnis der Polymerisationsmechanismen bei.

◆ Industrielle makromolekulare Chemie: Innovationen und neue Märkte

Trotz intensiver Vorarbeiten in der Nanotechnologie ist der Durchbruch mit einer neuen großen Anwendung erst kürzlich gelungen. GM hat in Zusammenarbeit mit Basell Werkstoffe für den Automobil-Innen- und -Außenbereich entwickelt. Eine erste Verwendung finden thermoplastische Nanocomposites (Nanopartikel in Polypropylen) in Mini-Vans, die in den USA produziert werden. Sie weisen Füllgrade von 2,7% auf und erzielen Gewichtsreduktionen bis zu 21%. Ein erster kommerzieller Durchbruch zeichnet sich auch bei den Metallocen-katalysierten Polypropylenen ab. Auch wenn in den

Standardanwendungen die Vermarktung von Metallocen-PP noch hinter den Erwartungen zurück bleibt, entwickeln sich die Spezialpolymere zunehmend. Schon lange forschen Industrie und Hochschule intensiv an elastomerem Polypropylen. Procter & Gamble planen jetzt gemeinsam mit Equistar Chemicals seine Markteinführung und prognostizieren für dieses Polymere einen breiten Anwendungsbereich. Syndiotaktisches Polypropylen wird bereits von Atofina vermarktet. Mit seinen neuen Eigenschaften wie hohe Transparenz und gute Elastizität ist es für eine Vielzahl von Applikationen geeignet. Rasant gewachsen ist im Jahr 2001 der Markt für Polyesterflaschen (PET) als Verpackungsmate-

rial für Mineralwasser; ihr Marktanteil hat sich im Vergleich zum Vorjahr mehr als verdoppelt. Mit neuen Beschichtungen wird dieses Material inzwischen auch als Aufbewahrungsgefäß für Bier und Säfte verwendet. Ähnlich rasant war das Wachstum bei flüssigkristallinen Kunststoffen (LCP) – besonders ausgeprägt im Jahr 2001 in der Automobilindustrie. Durch Weiter- und Neuentwicklungen erfüllen die Produkte der führenden Anbieter die Anforderungen dieses Marktes. Beispiele sind die bezüglich Temperaturbeständigkeit verbesserten LCPs von Ticona, DuPont und Sumitomo sowie extrem ionenarme Produkte von Ticona und DuPont.

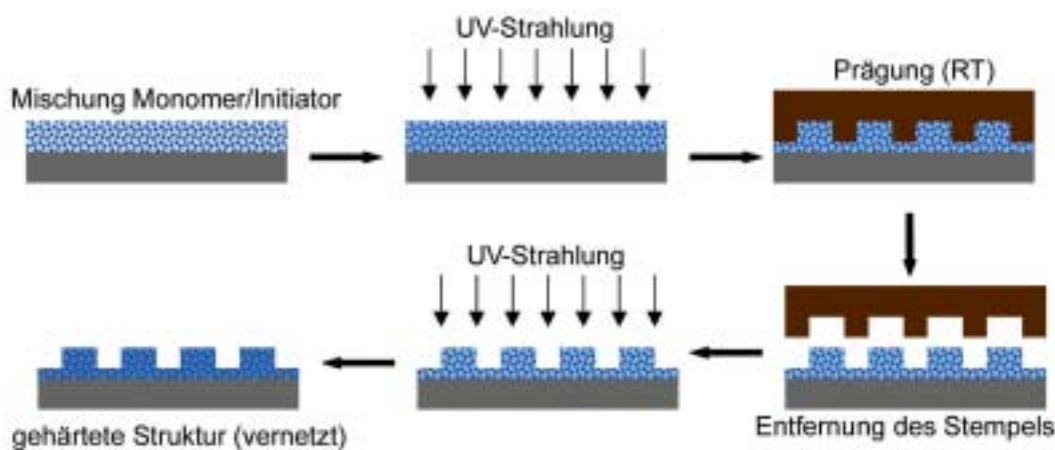
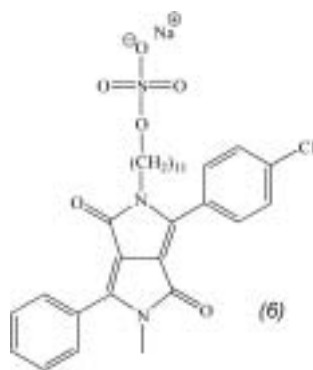


Abb. 3. Nanoimprinting bei Raumtemperatur ohne weitere Nachbehandlung unter Verwendung UV-reaktiver Monomere.¹⁵⁾

Wasserlösliche N-Isopropylacrylamid(NIPA)/3-[N-(3-Methylacrylamidpropyl)-N,N-dimethylamino-propansulfonat(SPP)-Blockcopolymer wurden via RAFT-Technik (Reversible Addition Fragmentation Chain Transfer) mit Azobis(isobuttersäurenitril) (AIBN) als Katalysator erhalten (Abbildung 1, S. 340). Diese Polymere zeigen in Wasser ein doppelt thermosensibles Lösungsverhalten. Der Poly-NIPA-Block hat dabei eine untere kritische Lösungstemperatur (LCST), ist löslich bei niedrigeren Temperaturen und kollabiert beim Erhitzen. Der Poly-SPP-Block weist dagegen eine obere kritische Lösungstemperatur (UCST) auf und löst sich erst bei höheren Temperaturen. Durch Variation der Blocklängen sind Blockcopolymere zugänglich, die zwischen 0 und 100 °C in Lösung bleiben. Oberhalb und unterhalb dieses Temperaturbereichs bilden sich in der wässrigen Lösung unterschiedliche Mizellen Domänen mit unterschiedlichen Polaritäten. Die bei tiefen Temperaturen gebildeten Mikrodomänen sind polar und nicht in der Lage, hydrophobe Verbindungen zu lösen. Bei höheren Temperaturen sind die Domänen dagegen unpolar, was zu einer stark erhöhten Löslichkeit hydrophober Verbindungen in der Polymerlösung führt. Diese Arbeit demonstriert, dass eine reversible thermische Schaltung zwischen unterschiedlichen Aggregaten durch die Wahl von geeigneten Monomeren und die Variation der Kettenlänge der Blockcopolymere leicht zu erreichen ist.¹²⁾

Aufgrund der Vielzahl an Applikationen von Polyelektrolytkomplexen, angefangen beim industriellen Gebrauch bis zu speziellen Anwendungen in der Biotechnologie und in der Medizin, ist die Grundlagenforschung auf diesem Gebiet nach wie vor von großer Bedeutung.

Eine neue photolumineszente amphiphile Verbindung ist 1,4-Diketo-5-methyl-2-(11-undecylsulfatnatriumsalz)-3-(4-chloro)phenyl-6-phenylpyrrolo-[3,4-c]-pyrrol (6). Bei



der Kombination einer wässrigen Lösung des Na-Salzes (6) mit kationischen Polyelektrolyten wie Poly(allylaminhydrochlorid) (PAH) oder auch Poly(methylbutylimino)hexylenbromid (PMHB) im Verhältnis 1:1 wurden tief farbige und fluoreszierende Polyelektrolyt-Surfactant-Komplexe erhalten. Die Kammpolymer-Komplexe sind thermisch sehr stabil und in gängigen Lösungsmitteln schwer löslich. Aufgrund ihrer optischen und physikalischen Eigenschaften eröffnen sich für diese Polymermaterialien mögliche Anwendungen als Farbstoffe.¹³⁾

Funktionsmaterialien

◆ Die Zahl der Publikationen mit materialwissenschaftlicher Ausrichtung steigt, ebenso die der interdisziplinären Projekte. Mit diesen soll die Herstellung von Prototypen für verschiedene Anwendungen forciert werden.

Organische lichtemittierende Dioden

◆ Im Vergleich zu Leuchtdioden aus anorganischen Halbleitern, welche schon seit Jahrzehnten bekannt sind, können mit organischen lichtemittierenden Dioden (OLEDs) aufgrund der chemischen Variabilität Leuchtdioden mit nahezu allen Farben hergestellt werden. Die dazu verwendeten Substanzen können über Dünnschichtsysteme großflächig auf flexiblen Substraten aufgebracht und auch beliebig geformt werden. Zusammenfaltbare Computermonitore, Handys mit farbigen, ausrollbaren Displays und Fernseher, so flach wie Bilder, sind keine Utopie mehr.

Eine Reihe von Methoden dient zur Herstellung von OLEDs: Das Aufdampfen führt zwar zu wohldefinierten Schichten mit sehr hoher Reinheit, ist aber nur für niedermolekulare Substanzen mit hoher thermischer Stabilität geeignet. Polymere werden meist durch Spincoaten, Dippen oder Sprühen aufgebracht. Obwohl diese Techniken zahlreiche Vorteile gegenüber dem Aufdampfen haben und nicht zuletzt wesentlich

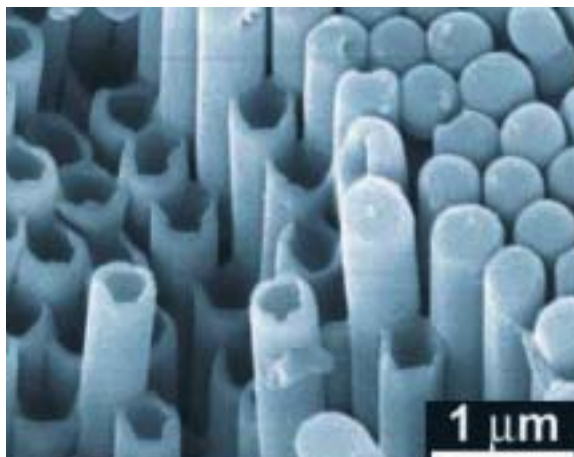


Abb. 4. Elektronenmikroskopische Aufnahme von Polystyrol-Nanotubes ($M_w = 850\,000\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$), erzeugt durch Benetzen einer porösen Aluminiummembran.¹⁷⁾

kostengünstiger sind, treten doch Schwierigkeiten bedingt durch die verwendeten Lösungsmittel auf. So altert beispielsweise beim Spincoatingprozess die oberste Polymerschicht, die durch den Kontakt mit dem Lösungsmittel, das für den nächsten Schritt eingesetzt wird, entsteht. Wesentliche Verbesserungen können hier durch den Einsatz vernetzbarer Polymere erzielt werden. Difunktionelle Precursor können eingesetzt werden, die sowohl den Ladungstransport gewährleisten als auch eine photovernetzbar Gruppe enthalten (Abbildung 2). Oxetane eignen sich besonders gut als photovernetzbar Gruppen, da die Vernetzung schnell und quantitativ ist. Die völlig unlöslichen Schichten sind homogen und neigen nicht zur Rissbildung. Elektrochemische Experimente mit photovernetzten OLEDs zeigten, dass die Oxidations/Reduktionsreaktionen reversibel sind. Dies legt eine hohe Langzeitstabilität des Polymermaterials nahe.¹⁴⁾

Obwohl weltweit intensiv an OLEDs geforscht wird, besteht immer noch erheblicher Optimierungsbedarf, sowohl beim Aufbau der Mehrschichtensysteme als auch bei der Entwicklung effizienter Fertigungsverfahren. Mit der Realisierung invertierter OLED-Strukturen können statt der bisher üblichen Glas-, Silicium- oder durchsichtigen Kunststoffsubstrate auch undurchsichtige Substrate verwendet werden, was neue Anwendungsfelder erschließt.

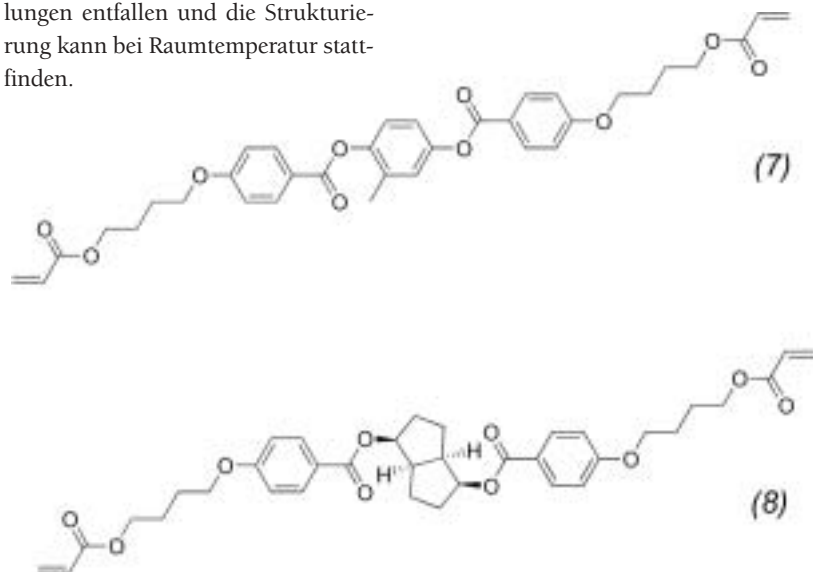
Nanoimprinting

◆ Bei der Nanoimprinting-Lithographie (NIL) wird ein Original, welches eine Nanostrukturierung trägt („Stempel“, siehe dazu auch Abbildung 3), in eine Polymerschicht, die sich auf einem Silicium-Wafer befindet („Maske“), repliziert. Derzeit kann eine Strukturgebung im Nanometerbereich mit einer Auflösung von 6 nm in einem Schritt erfolgen. Wichtig sind solche Anwendungen entsprechender Strukturierungen z. B. bei den OLEDs. Das derzeitige Problem bei der Verwendung von PMMA als prägbarem/strukturierbarem Material ist die für den Printprozess notwendige Erwärmung über die Glasübergangstemperatur von 190°C sowie die sich daran anschließende Phase der stufenweisen Abkühlung, bis der Stempel entfernt werden kann. Wesentlich vereinfachen lässt sich der Prozess, wenn UV-reaktive Monomere, z. B. Triphenylamin-analoge Verbindungen, die mit einer oder mehreren Vinylgruppen modifiziert sind, auf einem Wafer aufgebracht und für kurze Zeit UV-Strahlung ausgesetzt werden. Sobald eine hinreichende Viskosität erreicht ist, kann die Prägung bei Raumtemperatur vorgenommen werden. Die Maske wird dann entfernt und die geprägte Struktur durch weitere UV-Strahlung ausgehärtet (Abbildung 3).¹⁵⁾ Dieses Nanoimprinting-Verfahren benötigt weniger Zeit, weitere Prozessschritte wie Plasmabehandlungen entfallen und die Strukturierung kann bei Raumtemperatur stattfinden.

Nanotubes

◆ Durch Einstellung der elektrischen Leitfähigkeit der Spinnlösung können derzeit Polymerfasern mit Durchmessern von weniger als 10 nm kontinuierlich hergestellt werden. Unter Anwendung des TUFT-Prozesses (Tubes by Fiber Templates) können aus diesen Templaten Nanohohlfasern hergestellt werden. Durch eine Dotierung mit Metallen und anschließende Beschichtung mit einem isolierenden Kunststoff entstehen auf diese Weise Nanokabel, deren Leitungsdraht einen Durchmesser von etwa 10 nm hat.¹⁶⁾

Ein weiterer Zugang zu Nanotubes wurde kürzlich entwickelt. Bei dieser Herstellungsmethode lassen sich käufliche Polymermaterialien wie PTFE, aber auch Multikomponentensysteme wie Polymerblends oder Mischungen von Polymeren mit niedermolekularen Komponenten einfach verarbeiten und die Nanotubes auch funktionalisieren. Dabei werden geordnete poröse Templates mit Polymerlösungen oder Schmelzen benetzt, wodurch bei geeigneter Wahl der Versuchsbedingungen Nanotubes entstehen, deren Außendurchmesser im Bereich von 100 nm liegt, während die Schichtdicke einige 10 nm beträgt (Abbildung 4). Mögliche Anwendungen für Nanotubes liegen beispielsweise in der Katalyse, aber auch in der Biosensorik ist ein Einsatz denkbar.



Cholesterische Polymernetzwerke

◆ Neue Arbeiten sind auch im Bereich cholesterischer Flüssigkristalle zu finden, die sich durch Selbstorganisation scheibchenförmiger Moleküle bilden. Hier wurde beispielsweise die Laseremission von hochvernetzten Materialien auf Basis cholesterisch-flüssigkristalliner Netzwerke, die Farbstoffanteile aufweisen, untersucht. Die photochemische Polymerisation der photovernetzbaaren Monomere (7) und (8) ergab ein cholesterisches Polymer Netzwerk, das eine spiegelfreie Laseremission aufweist. Trotz eines heterogenen Polymerfilms hat dieses Polymer Netzwerk eine höhere Lasereffizienz als niedermolekulare cholesterisch-flüssigkristalline Netzwerke, die aus einer Mischung von nematischen p-Pentylphenyl-2-chlor-4-(pentylbenzoyloxy)benzoat und Cholesteryl-nonanat bestehen, obwohl die beiden Systeme gleiche optische Parameter zeigen.¹⁸⁾ Als mögliche Anwendungsgebiete sind hier polarisationsändernde Schichten zu nennen, aber auch eine Weiterverarbeitung in lithographischen Prozessen ist möglich.

Thorsten Dreier, Bayer AG, dankt Martin Balsam (BASF), Gerd Beer (Basell), Hans-Wilhelm Engels, Gerhard Langstein, Richard Kopp, Frank Schnieders und Martin Vollmer (alle Bayer) für ihre Hilfe.

Helmut Ritter, Monir Tabatabai
Institut für Organische Chemie und
Makromolekulare Chemie II
Universität Düsseldorf
H.Ritter@uni-duesseldorf.de
moniralsadat.tabatabai@
uni-duesseldorf.de
Walter Kaminsky
Institut für Technische und
Makromolekulare Chemie, Hamburg
kaminsky@chem.uni-hamburg.de
Claudia Staudt-Bickel
BASF AG, Ludwigshafen
claudia.staudt-bickel@basf-ag.de
Thorsten Dreier
Bayer AG, Dormagen
thorsten.dreier.td@bayer-ag.de

- 1) S. Mecking, A. Held, F. M. Bauers, *Angew. Chem.* 2002, 114, 564–582.
- 2) G. W. Coates, P. D. Hustadt, S. Reinartz, *Angew. Chem.* 2002, 112, 2340–2361.
- 3) M. Mitani, R. Furuyama, J. Mohri, J. Saito, M. Ishii, H. Terao, N. Kashiwa, T. Fujita, *J. Am. Chem. Soc.* 2002, 124, 7888–7889.
- 4) J. Jin, E. Y-X. Chen, *Organometallics* 2002, 21, 13–15.
- 5) L. Friebe, O. Nuyken, H. Windisch, W. Obrecht, *Macromol. Chem. Phys.* 2002, 203, 1055–1064.
- 6) B. Rieger, C. Troll, J. Preuschen, *Macromolecules* 2002, 35, 5742–5743.
- 7) M. Allmendinger, R. Eberhardt, G. Luinstra, B. Rieger, *J. Am. Chem. Soc.* 2002, 124, 5646–5647.
- 8) S. T. Babik, G. Fink, *J. Mol. Catal. A Chemical* 2002, 188, 245–253.
- 9) K. Kallio, A. Wartmann, K.-H. Reichert, *Macromol. Rapid. Commun.* 2002, 23, 187–190.
- 10) H.-R. Kricheldorf, S. Böhme, G. Schwarz, C.-L. Schultz, *Macromol. Rapid. Commun.* 2002, 23, 803–808.
- 11) B. Reining, H. Keul, H. Höcker, *Polymer* 2002, 43, 7145–7154.
- 12) M. Arotçaréna, B. Heise, S. Ishaya, A. Laschewsky, *J. Am. Chem. Soc.* 2002, 124, 3787–3793.
- 13) M. Behnke, B. Tiede, *Langmuir* 2002, 18, 3815–3821.
- 14) K. Meerholz, D. Müller, *Des. Monomers Polym.* 2002, 5, 195–210.
- 15) M. Behl, J. Seekamp, S. Zankovych C. Torres, R. Zentel, J. Ahopelto, *Adv. Mater.* 2002, 14, 588–591.
- 16) H. Hou, Z. Jun, A. Reuning, A. Schaper, J. H. Wendorff, A. Greiner, *Macromolecules* 2002, 35, 2429–2431.
- 17) M. Steinhart, J. H. Wendorff, A. Greiner, R. B. Wehrspohn, K. Nielsch, J. Schilling, J. Choi, U. Gösele, *Science* 2002, 296, 1997.
- 18) J. Schmidtke, W. Stille, H. Finkelman, S. Tae Kim, *Adv. Mater.* 2002, 14, 746–749.



Helmut Ritter (Jahrgang 1948) studierte Chemie an der Universität Marburg. 1975 promovierte er an der Universität Mainz. Von 1976 bis 1981 arbeitete er als Laborleiter bei Bayer in Uerdingen. Von 1982 bis 1997 war er Universitätsprofessor im Fachbereich Organische Chemie an der Universität Wuppertal, wo er sich 1989 habilitierte. 1997 nahm er einen Ruf auf eine C4-Professur an das Institut für Organische Chemie der Universität Mainz an; seit Oktober 2001 ist er C4-Professor an der Universität Düsseldorf am Institut für Makromolekulare Chemie und Organische Chemie.



Monir Tabatabai (geboren 1961 in Teheran) promovierte 1994 in organischer Chemie an der Universität Mainz. Von 1995 bis 2001 arbeitete sie als wissenschaftliche Mitarbeiterin an den Universitäten Mainz und Bayreuth; seit Oktober 2001 ist sie wissenschaftliche Angestellte am Institut für Organische Chemie und Makromolekulare Chemie an der Universität Düsseldorf.



Walter Kaminsky, studierte Chemie an der Universität Hamburg und promovierte 1971 mit einer Arbeit über Zirkonocene. Seit 1980 ist er dort Professor für Technische und Makromolekulare Chemie. Dem Prodekan und Mitglied im Hamburger Akademischen Senat wurde eine Reihe von Ehrungen zuteil, darunter der Karl-Heinz-Beckurts-Preis und die Benjamin-Franklin-Medaille. Seine Forschungsinteressen sind die Olefinpolymerisation mit Metallocenen und das Kunststoffrecycling durch Pyrolyse.



Claudia Staudt-Bickel studierte Chemie und promovierte 1995 am Physikalisch-Chemischen Institut der Universität Heidelberg. Danach folgten ein Postdoc-Aufenthalt sowie mehrere kürzere Projektaufenthalte an der University of Texas at Austin, USA, und am Max-Planck Institut für Polymerforschung in Mainz. Seit 1997 ist sie Habilitandin am Physikalisch-Chemischen Institut der Universität Heidelberg und seit September 2002 in der BASF im Bereich Polymerforschung für technische Membranen zuständig.



Thorsten Dreier (Jahrgang 1972) studierte Chemie an der Universität Münster. Während eines Forschungsaufenthalts an der West Virginia University arbeitete er in der Arbeitsgruppe von Jeffrey L. Petersen. 2001 promovierte er bei Gerhard Erker an der Universität Münster über neue Metallocenkatalysatoren zur Herstellung von elastomerem Polypropylen. Seit Anfang 2002 arbeitet er bei Bayer und ist zur Zeit im Bereich Polymer-Innovation tätig.