

zwischen Polymerkonzentration und Elutionsvolumen  $V_e$ . Nach Umwandlung von  $V_e$  über eine geeignete Funktion in das Molekulargewicht  $M$  folgt daraus die Molekulargewichtsverteilung.

Die Transformationsfunktion gewinnt man empirisch; für passende Kolonnenkombinationen eignet sich oft eine Funktion der Form  $\log M = A - B \cdot V_e$ . An Hand dieser und anderer Eichfunktionen werden theoretisch zu erwartende Elutionskurven für Polymere mit wohlbekannter Schulz-Verteilung berechnet und deren Abweichungen von den GPC-Schreiberkurven ermittelt.

Etwas unerwartet ergibt sich für eine einzelne GPC-Kolonne, die dem untersuchten Molekulargewichtsbereich gut entspricht, eine fast vollkommene Übereinstimmung zwischen theoretischer und Schreiberkurve. Dagegen werden für die stärker separierenden Kombinationen von Kolonnen in Zweier- oder Vierergruppen Elutionskurven geschrieben, die einer zu engen Molekulargewichtsverteilung entsprechen. Das bedeutet für eine Mischung von zwei Polymeren mit stärker verschiedenen Molekulargewichtsmittel eine zu hohe Trennwirkung. Eine Analyse dieses Befundes wird dadurch erschwert, daß andererseits in den Elutionskurven von Polymeren mit Mehrmaximaverteilungen nicht immer alle erwarteten Einzelmaxima aufgelöst sind.

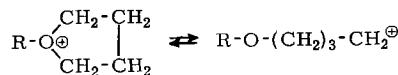
[\*] Prof. Dr. G. Meyerhoff  
Institut für Physikalische Chemie der Universität  
65 Mainz, Saarstraße 21

### Über den Mechanismus der Bildung von Polyester aus cyclischen Anhydriden und Ringäthern durch kationische Initiatoren

Von K.-H. Reichert (Vortr.), J. Habermeier und K. Hamann [\*]

Frühere Untersuchungen über die kationisch initiierte Bildung von Polyester und Poly-[esteräthern] aus Ringäthern und Dicarbonsäureanhydriden [1] haben gezeigt, daß der Gehalt an Äthergruppierungen im entstehenden Polymeren stark von den Reaktionsbedingungen, insbesondere von Art und Konzentration des Initiators abhängt.

Die bisherige Annahme, daß die Reaktion im wesentlichen als Copolymerisation mit gekoppeltem Polymerisations-Depolymerisations-Gleichgewicht des Ringäthers aufgefaßt werden kann, wurde durch vergleichende kinetische Untersuchungen über die Polymerenbildung und an Modellreaktionen erhärtet. Die Bildungsgeschwindigkeit der Polymeren ist bis zu Ausbeuten von ca. 60 Gew.-% unabhängig von der Konzentration der Monomeren. Daraus wird geschlossen, daß die Ringöffnung des primär gebildeten cyclischen Oxoniumions



die Geschwindigkeit der Gesamtreaktion bestimmt.

Modellversuche über die Geschwindigkeit der Acylierungsreaktion von n-Dibutyläther mit Bernsteinsäureanhydrid, über die Einstellung des Polymerisations-Depolymerisations-Gleichgewichts von Polytetrahydrofuran durch Depolymerisation sowie über die Bildungsgeschwindigkeit von Polyester und Poly-[esteräthern] aus Polytetrahydrofuran und Bernsteinsäureanhydrid zeigten, daß unter den normalen Copolymerisationsbedingungen eine direkte Acylierung von Äthergruppen in der Polymerkette nur in sehr untergeordnetem Ausmaß zu erwarten ist, während der Äthergehalt der entstehenden Polymeren sicher stark durch das Polymerisations-Depolymerisations-Gleichgewicht des entsprechenden Polyäthers beeinflußt wird. Für die kinetischen Versuche wurden zwei Initiatortypen mit unterschiedlichem Einfluß auf den Reaktionsablauf verwendet. Während die Copolymeren aus Tetrahydrofuran und Bernsteinsäureanhydrid bei Verwendung von  $\text{CH}_3\text{CO}^{\oplus}\text{SbCl}_6^{\ominus}$  einen konstan-

ten Äthergehalt über den gesamten Ausbeutebereich zeigen, nimmt der Äthergehalt bei Verwendung von  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}^{\oplus}\text{PF}_5^{\ominus}$  im Verlauf der Reaktion ab. Dieser Befund steht in Übereinstimmung mit Depolymerisationsergebnissen an Polytetrahydrofuran, wonach  $\text{CH}_3\text{CO}^{\oplus}\text{SbCl}_6^{\ominus}$  eine schnellere Gleichgewichtseinstellung bewirkt als  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}^{\oplus}\text{PF}_5^{\ominus}$ .

Weitere Versuche zeigten, daß der Verlauf der Copolymerisation von Ringäthern mit Dicarbonsäureanhydriden unter vergleichbaren Bedingungen von den Reaktionspartnern abhängt. So ergibt sich aus der Polymerausbeute und aus dem Äthergehalt folgende Reihe für die Reaktionsfähigkeit einiger Dicarbonsäureanhydride gegenüber Tetrahydrofuran: Bernsteinsäureanhydrid > cis-Hexahydrophthalsäureanhydrid > Maleinsäureanhydrid > Phthalsäureanhydrid. Für die Reaktivität von Ringäthern gegenüber Bernsteinsäureanhydrid gilt: Tetrahydrofuran > 3-Methyltetrahydrofuran > 2-Methyltetrahydrofuran > Oxepan > 1,4-Dioxan > Tetrahydropyran. Die Reihe der Ringäther läßt sich qualitativ durch das Zusammenwirken von Ringspannung und Basizität des Äthersauerstoffs verstehen.

[\*] Dr. K.-H. Reichert, Dipl.-Chem. J. Habermeier und Prof. Dr. K. Hamann  
Forschungsinstitut für Pigmente und Lacke e.V.  
7 Stuttgart, Wiederholdstraße 10

[1] J. Habermeier, K.-H. Reichert u. K. Hamann, J. Polymer Sci. C, im Druck; A. Hilt, K.-H. Reichert u. K. Hamann, Makromolekulare Chem., im Druck.

### Torsionsschwingungsmessungen an Hochpolymeren im kautschukelastischen Bereich

Von E. E. Schäfer und G. Rehage [\*]

Die elastischen Eigenschaften über Hauptvalenzen vernetzter, trockener und gequollener Elastomere wurden oberhalb der Einfriertemperatur untersucht. Es wurde geprüft, ob die aus der statistischen Thermodynamik für den entropieelastischen Zustand der Materie abgeleiteten Theorien auf Torsionsschwingungsmessungen angewendet werden können. Mit diesen Messungen sollen die wichtigsten Parameter zur Beschreibung des elastischen Verhaltens von realen Netzwerken, der Vernetzungsgrad und der energieelastische Anteil des Speichermoduls  $G'$ , bestimmt werden.

Zu diesem Zweck haben wir ein Torsionspendel gebaut, das es uns erlaubt, den Temperaturverlauf des Speichermoduls auch bei hochgequollenen Elastomeren auf mindestens 0,5 % genau zu bestimmen.

Die Untersuchungen wurden an Polymethacrylsäuremethyl-ester durchgeführt, der in Substanz oder in einer Chlorbenzol-Lösung mit Äthylenglykoldimethacrylat vernetzt worden war, ferner an Naturkautschuk, der mit Dicumylperoxid vernetzt war. Bei fast allen Proben wurde – nachdem wir sie vor der Messung ca. 3 Wochen in *m*-Xylol extrahiert hatten – in einem größeren Temperaturbereich ein lineares Ansteigen des Speichermoduls  $G'$  mit der Temperatur beobachtet. Aus der Steigung dieser Geraden konnten wir den effektiven (physikalisch wirksamen) Vernetzungsgrad berechnen. Bei ein und derselben Probe hängt er nicht vom verwendeten Quellungsmittel ab.

Aus dem Achsenabschnitt der Geraden  $G'$  ( $T$ ), den wir sowohl graphisch als auch analytisch bestimmt haben, wurde der energieelastische Anteil  $G'_U$  des Speichermoduls bestimmt.  $G'_U$  wurde auf den Gesamtspeichermodul bezogen, da dann die Fehler bei der Bestimmung der Probendimensionen herausfallen. Bei den ungequollenen Methylmethacrylat-Proben ist der energieelastische Anteil des Speichermoduls kleiner als 5 %, sie sind also in diesem Temperaturbereich fast ideal kautschukelastisch. Bei den trockenen Kautschukproben beträgt er je nach Vernetzungsgrad 21 bis 32 %. Er steigt stets mit dem Vernetzungsgrad an.

Mit dem Volumenquellungsgrad erhöht sich der energieelastische Anteil des Speichermoduls bei konstantem Vernet-

zungsgrad in allen Fällen. Wir vermuten, daß in den von uns untersuchten Netzwerken neben Ketten, deren Konturlänge groß genug ist, daß sie sich entropieelastisch verhalten, auch kurze Ketten vorliegen, die durch den Quellungsprozeß verspannt und bei der Deformation energetisch beansprucht werden.

[\*] E. E. Schäfer und Prof. Dr. G. Rehage  
Physikalisch-Chemisches Institut  
der Technischen Hochschule  
3392 Clausthal-Zellerfeld, Adolf-Römer-Straße 2 A

### Synthesen von Poly-arabinonucleotiden mit Polyphosphorsäureestern

von G. Schramm [\*]

Durch Polykondensation von Uridylsäure mit Hilfe von Polyphosphorsäure-phenylester wurde ein neuer Typ von Polynucleotiden erhalten. Unter Inversion der 2'-Hydroxygruppe der Ribose entstehen Poly-arabinonucleotide, wobei als Zwischenprodukt Poly-O<sup>2</sup>-2'-cyclouridylsäure auftritt. Die Poly-arabinonucleotide sind resistent gegen Ribonuclease und werden von Säure und Alkali nur langsam hydrolysiert. Dies erlaubt ihre Trennung von Poly-uridylsäure. Der Abbau mit Bakterien-Monophosphatase und Schlangengift-Diesterase ergab 9-β-D-Arabinosyluracil. Diese Substanz „Spongouridin“ wurde aus Schwämmen isoliert.

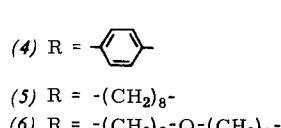
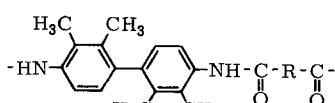
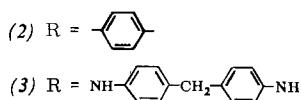
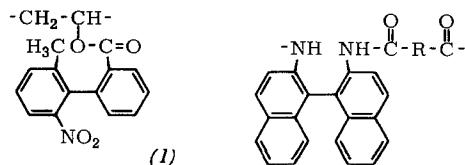
In der Polyspongouridylsäure sind die Nucleotide durch 3'-5'-Bindungen verknüpft, wie in den natürlichen Nucleinsäuren. Die Kondensationsprodukte wurden chromatographisch nach ihrer Kettenlänge getrennt, wobei Gliederzahlen bis  $n = 17$  gefunden wurden. Die Poly-arabinonucleotide nehmen eine Zwischenstellung zwischen RNS und DNS ein. Es wurde eine kompetitive Hemmung des Abbaus der DNS durch Desoxyribonuclease wie auch der RNS durch Ribonuclease beobachtet. Polyspongouridylsäure stimuliert die Adaptation von Phenylalanin-Transfer-RNS und Ribosomen etwa in gleicher Weise wie Polyuridylsäure.

[\*] Prof. Dr. G. Schramm  
Max-Planck-Institut für Virusforschung  
74 Tübingen, Spemannstraße 35

### Polymere mit atropisomeren Biphenyl-Grundbausteinen

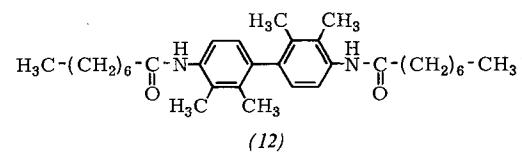
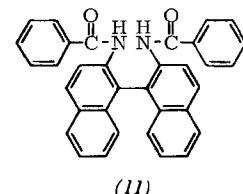
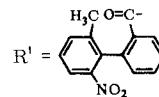
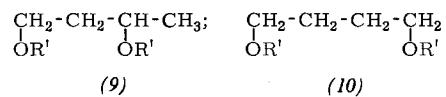
Von R. C. Schulz (Vortr.) und R. H. Jung [\*]

Im Zusammenhang mit Untersuchungen über optisch aktive Polymere wurden Polymere mit den Einheiten (1)–(6) hergestellt; sie enthalten entweder als Substituenten entlang der Hauptkette oder als Bestandteile der Hauptkette atropisomere Biphenyl- oder Binaphthyl-Reste.



Die Polymeren (1) und (2) sind löslich z.B. in  $\gamma$ -Butyrolacton, Dimethylformamid oder Tetrahydrofuran, (4) löst sich nur in Hexafluoropropanol, (5) löst sich außerdem auch in Hexafluoracetam-Sesquihydrat und Hexamethylphosphorsäuretriamid. Von (3) und (6) konnten bisher nur Oligomere isoliert werden. (1) erwacht bei etwa 160 °C, (5) bei 260 °C, (2) und (4) erweichen nicht unter 300 °C.

Die Polymeren (1), (2) und (5) wurden in optisch aktiver Form gewonnen. Als Modellsubstanzen für die optischen Messungen dienten die Verbindungen (7)–(12).



Verb.	Fp (°C)	[M] 578	1. Extremum $\lambda$ (nm) [ $\alpha$ ]	2. Extremum $\lambda$ (nm) [ $\alpha$ ]	
(7)	43	+176,3	380	+960	323 -2470
(8)	75–76	+154,9	380	—	320 —
(10)	165–166	+372,4	380	+880	324 -2400
(11)	190	+328,1 [a]	346	-786	305 +8650

[a] In Tetrahydrofuran,  $c = 0,5$ ; alle anderen in Dioxan,  $c = 1$ .

In der Rotationsdispersion und im Circular dichroismus stimmen die Polymeren mit den betreffenden Modellverbindungen überein; bei der Racemisierung treten aber erhebliche Unterschiede auf, die auf die Polymerstruktur zurückzuführen sind.

[\*] Prof. Dr. R. C. Schulz und Dipl.-Chem. R. H. Jung  
Organisch-chemisches Institut der Universität  
65 Mainz, Johann-Joachim-Becher-Weg 18

### Über Isopren und Lithiumorganyle in Kohlenwasserstoffen und Äthern

Von H. Sinn (Vortr.), F. Bandermann, K. Trukenbrod und G. Dobratz [\*]

Butyllithium und Isopren reagieren in Diäthyläther zu Isoprenyllithium. Bei spektroskopischen Untersuchungen der Reaktion wurde gefunden, daß die Reaktivität von Butyllithium gegenüber Isopren rund 1000-mal größer ist als diejenige von Isoprenyllithium gegenüber Isopren. Während Isoprenyllithium in Äther monomer vorliegt, ist Butyllithium etwa dreifach assoziiert. Diese Assoziationsgrade wurden auch bei der Metallierung von Triphenylmethan mit Butyllithium bzw. Isoprenyllithium gefunden. In Kohlen-