

Über die Reaktion des käfigartigen Kieselsäurederivats $[(\text{CH}_3)_2\text{HSi}]_8\text{Si}_8\text{O}_{20}$ mit ungesättigten organischen Verbindungen

I. PITSCH*, D. HOEBBEL, H. JANCKE und W. HILLER

Berlin-Adlershof, Zentralinstitut für Anorganische Chemie, Zentralinstitut für Physikalische Chemie und Zentralinstitut für Organische Chemie der Akademie der Wissenschaften

Inhaltsübersicht. ^{29}Si -, ^1H - und ^{13}C -NMR-Untersuchungen zeigen, daß das Doppelvierring-kieselsäurederivat $[(\text{CH}_3)_2\text{HSi}]_8\text{Si}_8\text{O}_{20}$ mit seinen acht $\text{HSi}\equiv$ Gruppen pro Molekül Additionsreaktionen mit den einfach ungesättigten Verbindungen Vinylcyclohexen, Allylglycidylether, Methacrylsäuremethylester, Octadecen-1 und Styren eingeht. Die Addition erfolgt überwiegend entgegen der Markovnikov-Regel.

Als Reaktionsprodukte werden meist ölarartige, in organischen Lösungsmitteln lösliche Verbindungen der Formeln $[\text{C}_6\text{H}_9(\text{CH}_2)_2\text{Si}(\text{CH}_3)_2]_8\text{Si}_8\text{O}_{20}$, $[\text{CH}_2-\text{CHCH}_2\text{O}(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{CH}_3)_2]_8\text{Si}_8\text{O}_{20}$,

$[\text{CH}_3\text{OOCCH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{Si}(\text{CH}_3)_2]_8\text{Si}_8\text{O}_{20}$, $[\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{17}\text{Si}(\text{CH}_3)_2]_8\text{Si}_8\text{O}_{20}$ und

$[\text{C}_6\text{H}_5(\text{CH}_2)_2\text{Si}(\text{CH}_3)_2]_8\text{Si}_8\text{O}_{20}$ bzw. $[\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}(\text{CH}_3)\text{Si}(\text{CH}_3)_2]_8\text{Si}_8\text{O}_{20}$ erhalten, die durch die chemischen Verschiebungen der ^{29}Si -, ^1H - und ^{13}C -NMR-Signale charakterisiert werden.

Reaction of the Cage-like Silicic Acid Derivative $[(\text{CH}_3)_2\text{HSi}]_8\text{Si}_8\text{O}_{20}$ with Unsaturated Organic Compounds

Abstract. By ^{29}Si , ^1H , and ^{13}C NMR investigations were shown that the eight $\text{HSi}\equiv$ groups of the double four-ring silicic acid derivative $[(\text{CH}_3)_2\text{HSi}]_8\text{Si}_8\text{O}_{20}$ react with the following unsaturated compounds: vinylcyclohexene, allyl glycidyl ether, methyl methacrylate, octadecene-1, and styrene. The resulting oily products are soluble in organic solvents. The compounds were characterized by the chemical shifts of the ^{29}Si , ^1H , and ^{13}C NMR signals. Their formulae are $[\text{C}_6\text{H}_9(\text{CH}_2)_2\text{Si}(\text{CH}_3)_2]_8\text{Si}_8\text{O}_{20}$, $[\text{CH}_2-\text{CHCH}_2\text{O}(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{CH}_3)_2]_8\text{Si}_8\text{O}_{20}$, $[\text{CH}_3\text{OOCCH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{Si}(\text{CH}_3)_2]_8\text{Si}_8\text{O}_{20}$,

$[\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{17}\text{Si}(\text{CH}_3)_2]_8\text{Si}_8\text{O}_{20}$ and $[\text{C}_6\text{H}_5(\text{CH}_2)_2\text{Si}(\text{CH}_3)_2]_8\text{Si}_8\text{O}_{20}$, and $[\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}(\text{CH}_3)\text{Si}(\text{CH}_3)_2]_8\text{Si}_8\text{O}_{20}$, respectively. Mainly the addition reactions do not follow the Markovnikov rule.

Key words: Organic silicic acid derivatives — cage-like structures — hydrosilylation — n.m.r. spectroscopy

Über die Herstellung und Konstitution des käfigartig aufgebauten Doppelvierring-(D4R)-Kieselsäureesters der Formel $[(\text{CH}_3)_2\text{HSi}]_8\text{Si}_8\text{O}_{20}$, im folgenden mit $\text{Q}_8\text{M}_8^{\text{H}}$ bezeichnet¹⁾, wurde vor kurzem berichtet [1]. Der Bau dieser acht funktionelle $\text{HSi}\equiv$ Gruppen enthaltene Verbindung ist in Abb. 1 wiedergegeben. Ziel der Arbeit war es, die Reaktion der H-dimethylsilylierten Kieselsäure mit einfach ungesättigten organischen

¹⁾ Q steht für $\text{Si}(\text{O}_{0,5})_4$ und M^{H} für $(\text{CH}_3)_2\text{HSiO}_{0,5}$

2. ^{29}Si -, ^1H - und ^{13}C -NMR-spektroskopische Charakterisierung der Reaktionsprodukte

In den Tab. 1 bis 3 sind die Resultate der ^{29}Si -, ^1H - und ^{13}C -NMR-spektroskopischen Untersuchungen der in CDCl_3 gelösten Reaktionsprodukte zusammengefaßt. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird in den Tabellen nur der Teil der Bindungen im Reaktionsprodukt angegeben, der für die Diskussion der Ergebnisse erforderlich ist.

Wird $\text{Q}_8\text{M}_8^{\text{H}}$ mit Vinylcyclohexen umgesetzt, so sind im ^{29}Si -NMR-Spektrum des Reaktionsprodukts 1 zwei etwa intensitätsgleiche Signale zu erkennen, die den unter-

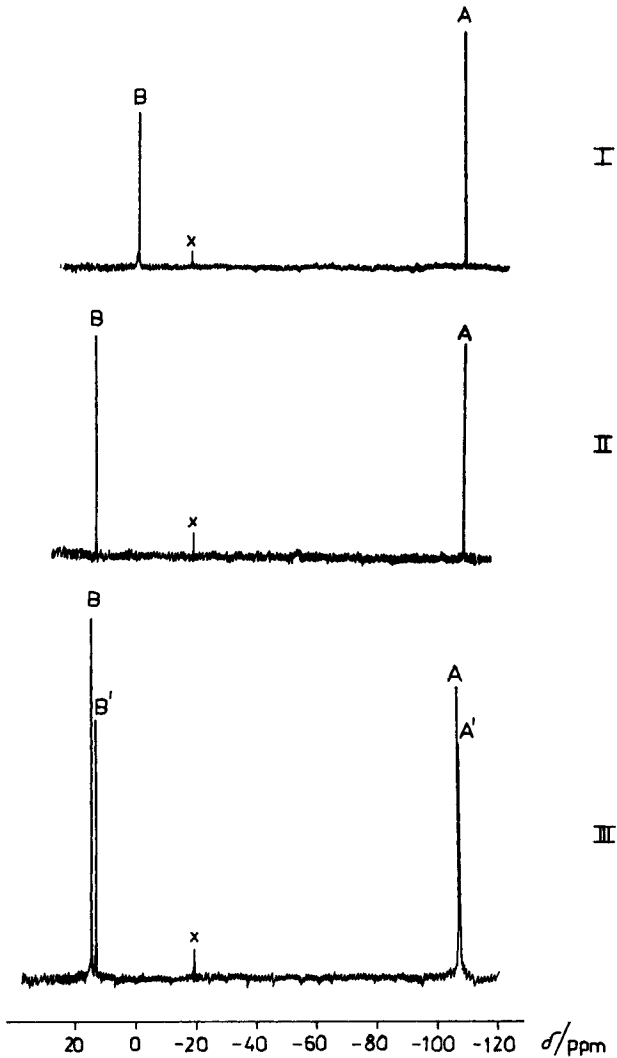
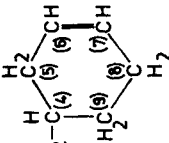
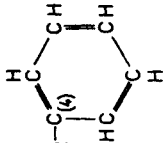
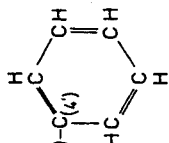


Abb. 2 ^{29}Si -NMR-Lösungsspektren des $\text{Q}_8\text{M}_8^{\text{H}}$ (I) und der Additionsprodukte mit Vinylcyclohexen (II) bzw. Styren (III); x = D_4 -Standard

Tabelle 2 Ergebnisse der $^1\text{H-NMR}$ -Untersuchungen von $\text{Q}_8\text{M}_8^{\text{H}}$ -Additionsprodukten

Nr.	Reaktionsprodukt (Ausschnitt)	Chemische Verschiebung δ/ppm						
		a	b	c	d	e	f	g
1	$\begin{array}{c} \text{e} \\ \text{H} \\ \text{C} \\ \text{H}_2 \\ \text{C} \\ \text{H} \\ \text{C} \\ \text{H}_2 \\ \text{C} \\ \text{H} \\ \text{H}_2 \\ \text{f} \end{array}$ $\equiv\text{Si}-\text{O}-\text{Si}(\text{CH}_3)_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C} \begin{array}{l} \text{a} \\ \text{b} \\ \text{c} \end{array} \begin{array}{l} \text{H} \\ \text{C} \\ \text{H} \\ \text{C} \\ \text{H} \\ \text{C} \\ \text{H} \end{array} \begin{array}{l} \text{H}_2 \\ \text{C} \\ \text{H} \\ \text{C} \\ \text{H} \\ \text{C} \\ \text{H}_2 \end{array} \begin{array}{l} \text{CH} \\ \text{C} \\ \text{H} \\ \text{C} \\ \text{H} \\ \text{C} \\ \text{H}_2 \end{array} \begin{array}{l} \text{CH} \\ \text{C} \\ \text{H} \\ \text{C} \\ \text{H} \\ \text{C} \\ \text{H}_2 \end{array}$	0,10	0,56	1,30	1,67	1,99	3,27	5,60
2	$\begin{array}{c} \text{a} \\ \text{b} \\ \text{c} \\ \text{d} \\ \text{e} \\ \text{f} \\ \text{g} \end{array}$ $\equiv\text{SiOSi}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{O})\text{CH}_2$	0,04	0,50	1,51	3,33	3,27	3,01	2,48
3	$\begin{array}{c} \text{a} \\ \text{b} \\ \text{c} \\ \text{d} \\ \text{e} \end{array}$ $\equiv\text{SiOSi}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{COOCH}_3$	0,12	0,89	2,56	1,15	3,57	3,60	2,67
4	$\begin{array}{c} \text{a} \\ \text{b} \\ \text{c} \\ \text{d} \end{array}$ $\equiv\text{SiOSi}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2(\text{CH}_2)_6\text{CH}_3$	0,07	0,52	1,21	0,84			
5	$\begin{array}{c} \text{a} \\ \text{b} \\ \text{c} \\ \text{d} \end{array}$ $\equiv\text{SiOSi}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5$	0,08	0,90	2,61	7,08			
	$\begin{array}{c} \text{a}' \\ \text{b}' \\ \text{c}' \\ \text{d}' \end{array}$ $\equiv\text{SiOSi}(\text{CH}_3)_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{C}_6\text{H}_5$	0,00	2,18	1,33	7,08			

Tabelle 3 Ergebnisse der ^{13}C -NMR-Untersuchungen von $\text{Q}_8\text{M}_8\text{H}_8$ -Additionsprodukten

Nr.	Reaktionsprodukt (Ausschnitt)	Chemische Verschiebung δ/ppm								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	$\text{—Si—O—Si}(\text{CH}_3)_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—C}$  (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7)	-0,48	14,56	25,32	36,28	31,57	126,90	126,61	28,44	29,55
	$\text{—Si—O—Si}(\text{CH}_3)_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—C}$  (1) (2) (3) (4)	-0,41	19,59	28,95	144,18	6 Einzelsignale im Bereich 124,48 — 128,91 der C-Atome des Phenylrings				
5	$\text{—Si—O—Si}(\text{CH}_3)_2\text{—CH}(\text{CH}_3)\text{—C}$  (1) (2) (3) (4)	-1,85	30,73	14,09	144,59	Ein Signal bei 3,00 ppm, bisher nicht zugeordnet				
		1'	2'	3'	4'					

schiedlich gebundenen Si-Atomen A und B zugeordnet werden (Tab. 1, Nr. 1; Abb. 2, II). Das schmale Einzelsignal A im Resonanzbereich der Kieselsäuregerüst-Si-Atome (Q^4) bei $\delta = -109,55$ ppm weist darauf hin, daß nur ein Typ chemisch äquivalenter Si-Atome vorliegt. Da die chemische Verschiebung des Signals A mit dem Signal für die Q^4 -Baugruppen der Ausgangsverbindung $Q_8M_8^H$ (Abb. 2, I) vergleichbar ist, wird davon ausgegangen, daß die D4R-Kieselsäurestruktur im Reaktionsprodukt erhalten blieb. Das ebenfalls schmale Einzelsignal B bei $\delta = +12,38$ ppm wird den Si-Atomen der $-\text{OSi}(\text{CH}_3)_2\text{C}\equiv$ Gruppen des Additionsproduktes zugeordnet.

Im Spektrum der Probe 1 (Abb. 2, II) ist das Signal der $\text{HSi}(\text{CH}_3)_2-$ Gruppen der Ausgangsverbindung $Q_8M_8^H$ bei $\delta = -2,08$ ppm (Abb. 2, I) nicht mehr nachzuweisen, so daß von einer vollständigen Reaktion der $\text{HSi}\equiv$ Gruppen mit Vinylcyclohexen auszugehen ist. Gestützt wird diese Aussage durch die Abwesenheit des $\text{HSi}\equiv$ Protonensignals um $\delta = 4,7$ ppm im ^1H -NMR-Spektrum des Reaktionsprodukts 1. Im Spektrum werden neben dem Signal a für die $-\text{OSi}(\text{CH}_3)_2-$ Protonen bei $\delta = 0,1$ ppm (Tab. 2, Nr. 1) fünf weitere Signale b—g für die im Additionsprodukt auftretenden unterschiedlich gebundenen Protonen beobachtet. Der Nachweis des Signals b bei $\delta = 0,56$ ppm spricht für eine Addition unter Ausbildung von $-\text{OSi}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2-$ Bindungen entgegen der Regel von Markovnikov. Durch das Signal 2 im ^{13}C -NMR-Spektrum (Tab. 3, Nr. 1) bei $\delta = 14,56$ ppm wird diese Aussage gestützt.

Auch die Signale 1 sowie 3—9 sind in Übereinstimmung mit einer Reaktion entgegen der Regel von Markovnikov. Zusätzliche Signale kleiner Intensität ($< 6\%$) im ^{13}C -NMR-Spektrum deuten darauf hin, daß ein geringer Anteil im Reaktionsprodukt nach der Regel von Markovnikov reagiert haben könnte, was aber im ^{29}Si - und ^1H -NMR-Spektrum nicht nachzuweisen ist.

Die quantitative Auswertung der NMR-Spektren bestätigt die vollständige Reaktion des Vinylcyclohexens mit allen acht $\text{HSi}\equiv$ Gruppen des $Q_8H_8^H$ bei Erhalt des D4R-Kieselsäuregerüsts. Die Konstitution des Additionsprodukts 1 der Formel $[\text{C}_6\text{H}_9(\text{CH}_2)_2\text{Si}(\text{CH}_3)_2]_8\text{Si}_8\text{O}_{20}$ ist in Abb. 3, R = R¹ angegeben.

In den ^{29}Si -NMR-Spektren der Additionsprodukte 2—4 (Tab. 1), die durch Umsatz des $Q_8M_8^H$ mit Allylglycidylether, Methacrylsäuremethylester bzw. Octadecen-1 erhalten wurden, ist im Q^4 -Resonanzbereich bei δ etwa -109 ppm jeweils nur ein vergleichsweise schmales Signal A enthalten. Dieses Signal wird wieder den Si-Atomen des D4R-Kieselsäuregerüsts zugeordnet. Das zweite Signal B mit δ etwa $+12$ ppm wird durch die Si-Atome der $-\text{OSi}(\text{CH}_3)_2\text{C}\equiv$ Brücken in den Additionsprodukten verursacht. Bei keinem der Reaktionsprodukte wurden im ^{29}Si - oder im ^1H -NMR-Spektrum Signale von $\text{HSi}\equiv$ Gruppen der Ausgangsverbindung $Q_8M_8^H$ nachgewiesen. Die Protonensignale a ($\delta = 0,04$ — $0,12$ ppm) und b ($\delta = 0,50$ — $0,89$ ppm) sowie die übrigen Signale c—g im ^1H -NMR-Spektrum (Tab. 2, Nr. 2—4) entsprechen in Anzahl, Lage und Intensität den zu erwartenden Protonensignalen der Reaktionsprodukte, deren Bildung entgegen der Markovnikov-Regel erfolgte. Da die ^{29}Si - und ^1H -NMR-Spektren hinsichtlich des Reaktionsablaufs keine Unterschiede zu Probe 1 aufwiesen, wurde auf eine ^{13}C -NMR-spektroskopische Untersuchung der Proben 2—4 verzichtet. Wie beim Reaktionsprodukt 1 kam es auch bei den Proben 2—4 zu einer vollständigen Reaktion des $Q_8M_8^H$ mit Allyl-

glycidylether, Methacrylsäuremethylester bzw. Octadecen-1 unter Bildung der Verbindungen

$[\text{CH}_2-\text{CHCH}_2\text{O}(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{CH}_3)_2]_8\text{Si}_8\text{O}_{20}$, $[\text{CH}_3\text{OOCCH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{Si}(\text{CH}_3)_2]_8\text{Si}_8\text{O}_{20}$ und $[\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{17}\text{Si}(\text{CH}_3)_2]_8\text{Si}_8\text{O}_{20}$, deren Konstitution in Abb. 3; $\text{R} = \text{R}^2, \text{R}^3, \text{R}^4$ wiedergegeben ist.

Abweichend von den bisher diskutierten ^{29}Si -NMR-Spektren der Proben 1—4 weist das Spektrum des Reaktionsprodukts 5 aus $\text{Q}_8\text{M}_8^{\text{H}}$ und Styren eine durch Signalaufspaltung größere Anzahl von Signalen auf. Es wird jeweils ein Signalpaar im Q^4 -Resonanzbereich und im Resonanzbereich der Si-Atome der $-\text{OSi}(\text{CH}_3)_2\text{C}\equiv$ Gruppen (Abb. 2, III; Tab. 1, Nr. 5) beobachtet. Bei den dicht benachbarten Signalen A ($\delta = -109,30$ ppm) und A' ($\delta = -109,58$ ppm) der Si-Atome des Kieselsäurerüsts wird davon ausgegangen, daß auf Grund der geringen Verschiebungsdifferenz beider Signale wie bei den vorher diskutierten Fällen die D4R-Kieselsäurestruktur erhalten blieb, aber die acht Si-Atome des D4R-Kieselsäurerüsts nicht äquivalent sind. Es wird angenommen, daß als Resultat der parallel ablaufenden Reaktionen entsprechend den Bindungstypen I und II die Aufspaltung durch die zwei unterschiedlichen Liganden an den Si-Atomen des Kieselsäurerüsts verursacht wird.

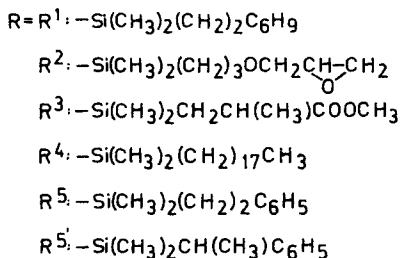
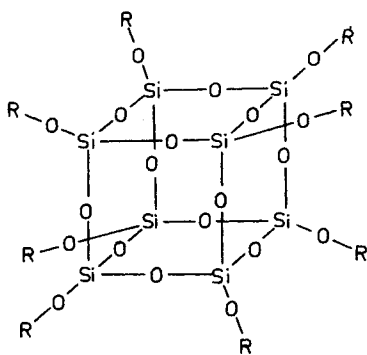


Abb. 3 Konstitutionsschema der $\text{Q}_8\text{M}_8^{\text{H}}$ -Additionsprodukte

Gestützt wird diese Annahme durch die Signale B ($\delta = +11,86$ ppm) und B' ($\delta = +9,98$ ppm) der beiden unterschiedlichen Si-Atome in den $-\text{OSi}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2-$ bzw. $-\text{OSi}(\text{CH}_3)_2\text{CH}(\text{CH}_3)-$ Brücken. Da im ^{29}Si -NMR-Spektrum der Probe 5 keine HSi \equiv Signale nachzuweisen sind, liegt auch hier eine vollständige Addition vor.

Analog den Signalaufspaltungen im ^{29}Si -NMR-Spektrum sind im ^1H -NMR-Spektrum der Probe 5 (Tab. 2, Nr. 5) zwei dicht benachbarte Einzelsignale a ($\delta = 0,08$ ppm) und a' ($\delta = 0,00$ ppm) zu beobachten. Diese Signale werden den Methylprotonen der $-\text{OSi}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2-$ bzw. $-\text{OSi}(\text{CH}_3)_2\text{CH}=\text{}$ Gruppen in den Reaktionsprodukten, die entgegen und entsprechend der Regel von Markovnikov gebildet wurden, zugeordnet. In Tab. 2, Nr. 5 sind die Protonensignale b—d bzw. b'—d' für die Additionsprodukte der beiden Verknüpfungsmöglichkeiten I und II angegeben. Die Ergebnisse der ^{13}C -NMR-spektroskopischen Untersuchungen (Tab. 3, Nr. 5) bestätigen den parallelen Ablauf von Additionsreaktionen entsprechend den Bindungstypen I und II. Aus den Intensitätsverhältnissen der Signale a, a' bzw. b, b' des ^1H -NMR-Spektrums (Tab. 2, Nr. 5) ist abzuschätzen, daß die Addition zu etwa 60% entgegen der Markovnikov-Regel erfolgte. Dieses Ergebnis ist in guter Übereinstimmung mit der quantitativen Auswertung der Signale B und B' des ^{29}Si -NMR-Spektrums. Den Reaktionsprodukten kommen somit die Formeln $[\text{C}_6\text{H}_5(\text{CH}_2)_2\text{Si}(\text{CH}_3)_2]_8\text{Si}_8\text{O}_{20}$ und $[\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}(\text{CH}_3)\text{Si}(\text{CH}_3)_2]_8\text{Si}_8\text{O}_{20}$ zu. Da wahrscheinlich beide Typen der Bindungsbildung am gleichen D4R-Kieselsäuremolekül erfolgen, beschreiben diese Formeln nur Grenzfälle. Die Konstitution dieser Grenzfälle ist in Abb. 3; R = R⁵, R^{5'} wiedergegeben.

3. Zusammenfassung

Die ^{29}Si -, ^1H - und ^{13}C -NMR-Untersuchungen zeigten, daß alle acht HSi \equiv Gruppen des D4R-Kieselsäureesters $[(\text{CH}_3)_2\text{HSi}]_8\text{Si}_8\text{O}_{20}$ mit den verwendeten ungesättigten Verbindungen unterschiedlichen Aufbaus unter Erhalt der D4R-Kieselsäurestruktur reagieren. Damit konnte kein signifikanter Einfluß der unterschiedlichen Größe der Liganden auf den Umsatzgrad des $\text{Q}_8\text{M}_8^{\text{H}}$ beobachtet werden.

Die Addition von $\text{Q}_8\text{M}_8^{\text{H}}$ an Vinylcyclohexen, Allylglycidylether, Methacrylsäuremethylester und Octadecen-1 erfolgt entgegen der Regel von Markovnikov. Die Untersuchung des Styren-Additionsprodukts ergab, daß die Reaktion nur zu etwa 60% entgegen der Regel von Markovnikov abgelaufen ist, so daß beide Bindungen des Typs I und II nebeneinander vorliegen.

4. Experimentelles

a) Herstellung der Kieselsäureadditionsprodukte. Die in der Arbeit vorgestellten Additionsprodukte wurden unter vergleichbaren Reaktionsbedingungen erhalten, so daß im folgenden nur die Herstellung eines Produkts am Beispiel der Addition von $\text{Q}_8\text{M}_8^{\text{H}}$ an Octadecen-1 beschrieben wird. Zu einer 10%igen Lösung der Verbindung $\text{Q}_8\text{M}_8^{\text{H}}$ in Toluol (212,6 mg; 0,209 mM) werden $1,7 \cdot 10^{-5}$ mM Platin in Form der Hexachloroplatinsäure gegeben. Diesem Gemisch werden 421,8 mg (1,67 mM) Octadecen-1 zugefügt. Anschließend wird die Mischung ca. 4 h auf 90—100 °C erhitzt. Nach Abdestillieren des Lösungsmittels im Vakuum wird ein ölarziges, in organischen Lösungsmitteln lösliches Produkt erhalten.

b) ^{29}Si -NMR. Die ^{29}Si -NMR-Spektren wurden mit einem Spektrometer vom Typ MSL 400 (Bruker) unter folgenden Meßbedingungen registriert: Meßfrequenz 79,48 MHz, ^1H -Entkopplungsfre-

quenz 400,13 MHz, Sweepweite 200 ppm, Pulswinkel 90° (17,5 μ s), Pulsabstand 10 s. Zur Verkürzung der Relaxationszeit wurde den in CDCl_3 gelösten Proben etwa 12 mg/ml $\text{Cr}(\text{acac})_3$ zugesetzt. Die Verschiebungen sind auf internes Octamethylcyclotetrasiloxan ($\delta = -19,71$ ppm) geeicht.

c) ^1H -NMR. Die ^1H -NMR-Spektren wurden mit einem 80 MHz-Spektrometer BS 587 A der Firma Tesla aufgenommen. Als Lösungsmittel wurde CDCl_3 benutzt, das gleichzeitig als interner Standard ($\delta = 7,2$ ppm) diente. Die Lösungskonzentration betrug 5%.

d) ^{13}C -NMR. Die ^{13}C -Spektren wurden mit einem 300 MHz-Spektrometer Gemini 300 der Firma Varian aufgenommen. Als Lösungsmittel wurde CDCl_3 verwendet, das ebenfalls als interner Standard (77 ppm) diente.

Die Autoren danken Frau K. Nadolski für die Durchführung analytischer Arbeiten.

Literatur

[1] HOEBBEL, D.; PITTSCH, I.; GRIMMER, A. R.; JANCKE, H.; HILLER, W.; HARRIS, R. K.: Z. Chem. **29** (1989) 260.

Bei der Redaktion eingegangen am 7. September 1990.

Anschr. d. Verf.: Dipl.-Chem. I. PITTSCH u. Dr. D. HOEBBEL, Zentralinst. f. Anorg. Chemie d. AdW
Rudower Chaussee 5, O-1199 Berlin-Adlershof

Dr. H. JANCKE, Zentralinst. f. Physik. Chemie d. AdW

Dr. W. HILLER, Zentralinst. f. Org. Chemie d. AdW
Bundesrepublik Deutschland