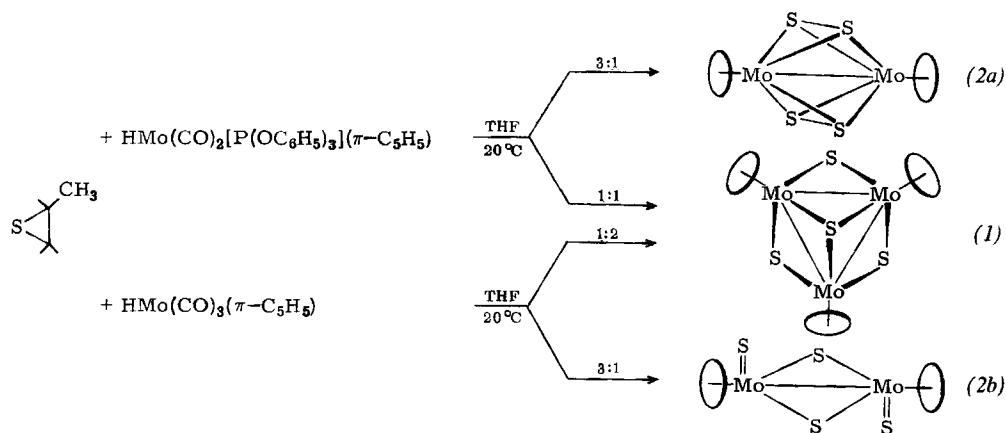
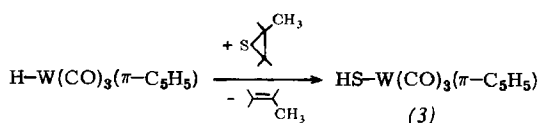


leichter lösliches Isomer  $(\pi\text{-C}_5\text{H}_5)_2\text{Mo}_2\text{S}_4$  (2b) entsteht hingegen aus  $\text{HMo}(\text{CO})_3(\pi\text{-C}_5\text{H}_5)$  und Propylensulfid. Die Massenspektren von (2a) und (2b) zeigen die Ionen  $(\text{C}_5\text{H}_5)_2\text{Mo}_2\text{S}_n^+$  ( $n=4-0$ ),  $\text{C}_5\text{H}_5\text{Mo}_2\text{S}_n^+$  ( $n=3,1$ ),  $\text{Mo}_2\text{S}_n^+$  ( $n=4,3$ ) und  $(\text{C}_5\text{H}_5)_2\text{Mo}_2\text{S}_n^{2+}$  ( $n=4-2$ ). (2a) unterscheidet sich von (2b) durch das zusätzliche Auftreten einer metastabilen Massenslinie, die vom Zerfall  $(\text{C}_5\text{H}_5)_2\text{Mo}_2\text{S}_4^+ \rightarrow (\text{C}_5\text{H}_5)_2\text{Mo}_2\text{S}_2^+ + \text{S}_2$  herrührt, sowie vor allem durch eine zusätzliche intensive IR-Bande bei  $482\text{ cm}^{-1}$  ( $\nu\text{S}-\text{S}?$ ). Diese Befunde lassen für (2a) auf eine Struktur mit zwei Disulfid-Brücken schließen. Die Struktur eines isoelektronischen Komplexes  $(\pi\text{-C}_5\text{H}_5)\text{Mo}(\text{SCH}_3)_4\text{-Mo}(\pi\text{-C}_5\text{H}_5)$  wurde bereits von Dahl aufgeklärt<sup>[5]</sup>. Für



(2b) erscheint eine der Oxo-Verbindung  $(\pi\text{-C}_5\text{H}_5)(\text{O})\text{MoS}_2\text{Mo}(\text{O})(\pi\text{-C}_5\text{H}_5)$ <sup>[6]</sup> analoge Struktur plausibel.

Ohne Substitution von Kohlenmonoxid verläuft die Umsetzung von  $\text{HW}(\text{CO})_3(\pi\text{-C}_5\text{H}_5)$  mit Propylensulfid:



Das Produkt (3) zeigt im IR-Spektrum zwei  $\nu\text{CO}$ -Banden bei  $2028$  und  $1937\text{ cm}^{-1}$  (in  $\text{CS}_2$ ); das SH-Proton tritt im  $^1\text{H-NMR}$ -Spektrum bei  $\tau = 12.79$  (Lösung in  $\text{CS}_2$ ) auf<sup>[7]</sup>.

Eingegangen am 9. April 1973 [Z 836]

[1] 3. Mitteilung über Reaktionen von Metallkomplexen mit gespannten Heterocyclen. – 2. Mitteilung: W. Beck, R. Höfer u. A. Engelmann, Chem. Ber., im Druck.

[2] W. Beck, W. Danzer u. R. Höfer, Angew. Chem. 85, 87 (1973); Angew. Chem. internat. Edit. 12, 77 (1973).

[3] Unter drastischeren Bedingungen reagiert Cyclohexensulfid mit verschiedenen Carbonylmetall-Komplexen zu schwefelhaltigen Cluster-Verbindungen: R. B. King, Inorg. Chem. 2, 326 (1963); R. A. Schunn, Ch. Fritchie jr. u. C. T. Prewitt, ibid. 5, 892 (1966); P. M. Treichel u. G. R. Wilkes, ibid. 5, 1182 (1966).

[4] P. Vergamini, H. Vahrenkamp u. L. F. Dahl, J. Amer. Chem. Soc. 93, 6327 (1971).

[5] N. G. Connelly u. L. F. Dahl, J. Amer. Chem. Soc. 92, 7470 (1970). (2a) und  $(\pi\text{-C}_5\text{H}_5)_2\text{Mo}_2(\text{SCH}_3)_4$  sind z. B. vergleichbar mit dem Paar  $(\text{OC})_3\text{FeS}_2\text{Fe}(\text{CO})_3$  und  $(\text{OC})_3\text{Fe}(\text{SC}_2\text{H}_5)_2\text{Fe}(\text{CO})_3$  [L. F. Dahl u. C. H. Wei, Inorg. Chem. 2, 328 (1963); 4, 1 (1965)].

[6] D. L. Stevenson u. L. F. Dahl, J. Amer. Chem. Soc. 89, 3721 (1967).

[7] Herrn Dr. H. Vahrenkamp danken wir für Diskussionsbeiträge. Die Strukturen der Verbindungen (1), (2a) und (2b) werden zur Zeit von W. P. Fehlhammer u. A. Liu röntgenographisch untersucht.

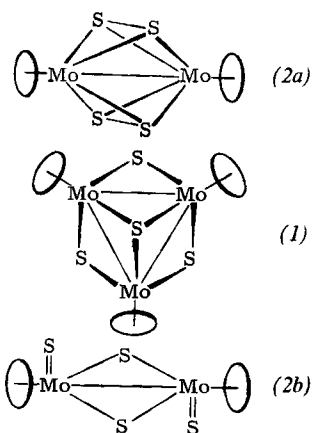
## 1,3,5-Tri-tert.-butyl-pentalen.

### Ein stabilisiertes planares $8\pi$ -Elektronensystem<sup>[\*\*]</sup>

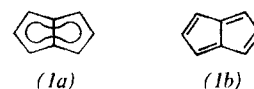
Von Klaus Hafner und Hans Ulrich Süss<sup>[\*]</sup>

Herrn Professor Fritz Kröhnke zum 70. Geburtstag gewidmet

Die Frage nach dem Bindungszustand des Pentalens (1) regte in den letzten 50 Jahren<sup>[1]</sup> zu zahlreichen experimentellen und theoretischen Studien an und war Gegenstand häufiger Kontroversen<sup>[2]</sup>. Während für (1) zunächst „aromatische“ Eigenschaften postuliert wurden, lassen neuere quantenchemische Berechnungen für ein delokalisiertes Pentalen mit Bindungsausgleich gemäß einer  $D_{2h}$ -Struktur



(1a) eine Destabilisierung durch Resonanz um ca. 6 kcal/mol gegenüber einer Polyolefin-Struktur mit Bindungsalternanz im Sinne einer  $C_{2h}$ -Symmetrie (1b) erwarten<sup>[3,4]</sup>.



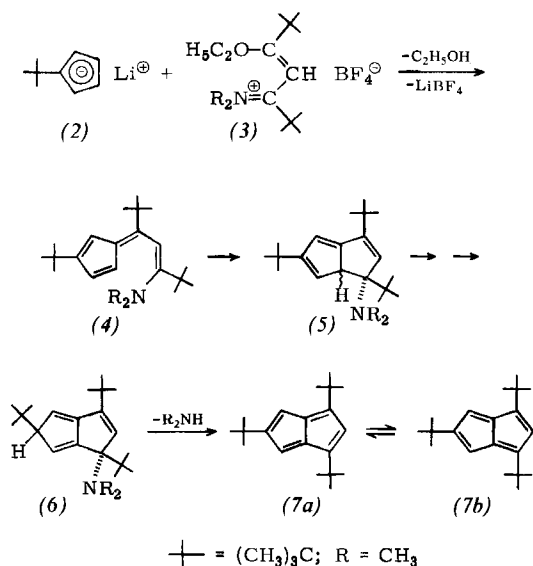
Danach sollte sich (1) durch hohe Reaktivität und geringe thermische Stabilität auszeichnen. In Einklang damit stehen experimentelle Befunde aus jüngster Zeit: Bei Versuchen zur Synthese von (1) sowie dessen 2-Methyl-, 1,3-Dimethyl- und 1,3-Di-tert.-butyl-Derivaten konnten wir nur deren Dimerisierungsprodukte isolieren<sup>[5]</sup>. Einige von diesen lassen sich durch Photolyse bei  $-196^\circ\text{C}$  in die extrem thermolabilen, UV-spektroskopisch nachweisbaren Monomeren überführen<sup>[5]</sup>. Ähnliche Beobachtungen machten deMayo et al.<sup>[6]</sup> bei der Darstellung des 1-Methyl-pentalens, dessen Existenz infolge seiner ungewöhnlich großen Dimerisierungstendenz bereits unterhalb  $-100^\circ\text{C}$  ebenfalls nur UV- und IR-spektroskopisch wahrscheinlich gemacht werden konnte.

Von einer NMR-spektroskopischen Untersuchung eines einfachen Pentalens waren Informationen über den Bindungszustand des durch eine zentrale  $\sigma$ -Bindung gestörten Cyclooctatetraens und damit eine Lösung des „Pentalen-Problems“ zu erwarten. Dazu war ein Derivat von (1) erforderlich, dessen Dimerisierung allein durch sterische Effekte erschwert wird. Diese Voraussetzung erfüllt 1,3,5-Tri-tert.-butyl-pentalen (7).

[\*] Prof. Dr. K. Hafner und Dipl.-Chem. H. U. Süss  
Institut für Organische Chemie der Technischen Hochschule  
61 Darmstadt, Schloßgartenstraße 2

[\*\*] Wir danken dem Fonds der Chemischen Industrie für die Förderung dieser Untersuchung.

Die Synthese von (7) gelingt leicht durch Umsetzung des Lithium-tert.-butyl-cyclopentadienids (2) mit dem Ketimoniumsalz (3)<sup>[7]</sup> in Äther/Methylenchlorid (2:1) bei 0°C (15 h). Anschließend wird das Reaktionsgemisch bei 0°C rasch aufgearbeitet und das Produktgemisch an Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Aktivitätsstufe 3, basisch) bei -75°C mit n-Pentan chromatographiert. (7) läßt sich dabei in ca. 10-proz. Aus-



beute<sup>[9]</sup> als tiefblaue, bei 59°C schmelzende Kristalle (Schuppen) isolieren (Tiefemperatur-MS (bei -100°C): M<sup>+</sup> = 270<sup>[10]</sup>). Bei Raumtemperatur und unter Luftaustausch ist (7) in Substanz wenige Stunden beständig, während es in n-Hexan-Lösungen geringer Konzentration unter N<sub>2</sub> mehrere Tage stabil ist. Die Bildung von Dimeren konnte bisher nicht beobachtet werden.

In Analogie zur Darstellung des 2-Methyl- und 1,3-Dimethylpentalens<sup>[5]</sup> dürften (2) und (3) zunächst das Fulven (4) liefern, das eine elektrocyclische Reaktion zu (5) eingeht. Durch anschließende doppelte 1,5-H-Verschiebung resultiert daraus das 1,5-Dihydropentalen (6), das unter 1,4-Eliminierung von Dimethylamin (7) ergibt.

Das UV-Spektrum von (7) [(in n-Hexan bei 20°C): λ<sub>max</sub> = 211 (log ε = 4.27), 280 (3.34), 333 (3.50) und 598 nm (1.81)] steht in guter Übereinstimmung mit den für die Lichtabsorption von (1) berechneten Werten<sup>[4]</sup> und ist sowohl denen der ein- und zweifach methylierten Pentalene<sup>[5,6]</sup> als auch denen des Hexaphenyl-pentalens<sup>[11]</sup>, 1,3-Bis(dimethylamino)pentalens<sup>[12]</sup> und 1,4-Diamino-2,5-dicyan-3,6-dimethyl-pentalens<sup>[13]</sup> ähnlich.

Die Pentalen-Struktur (7) wird durch die NMR-Spektren bewiesen, die zugleich Hinweise auf die Bindungsverhältnisse des 8π-Elektronensystems liefern. Das 60-MHz-<sup>1</sup>H-NMR-Spektrum von (7) (Abb. 1 a) zeigt für die drei Ringprotonen zwei Singulets im Intensitätsverhältnis 2:1, während die Absorptionen der tert.-Butyl-Protonen zu einem Signal zusammenfallen. Das <sup>13</sup>C-NMR-Spektrum von (7) (Abb. 1 b)<sup>[14]</sup> weist für das Ringsystem fünf Signale in dem für sp<sup>2</sup>-C-Atome typischen Bereich auf. Die Zuordnung ergibt sich aus dem Off-Resonanzspektrum, dem bekannten Einfluß von tert.-Butylgruppen auf benachbarte sp<sup>2</sup>-C-Atome sowie den relativen Intensitäten der Signale von C-1/C-3, C-5, C-3a/C-6a einerseits und der von C-2, C-4/C-6 andererseits. Im Gegensatz zum 60-MHz-<sup>1</sup>H-NMR-Spektrum sind im <sup>13</sup>C-NMR-Spektrum die unterschiedlichen tert.-Butylgruppen zu erkennen.

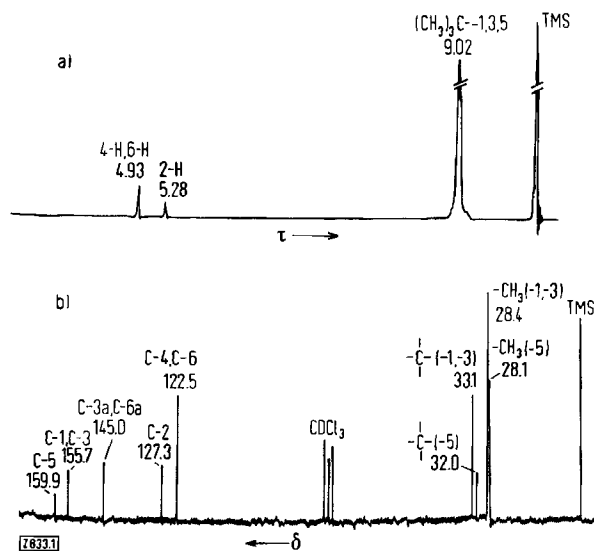


Abb. 1. a) 60-MHz-<sup>1</sup>H-NMR-Spektrum von (7) in CCl<sub>4</sub> bei -27°C mit TMS als internem Standard. b) <sup>13</sup>C-breitbandenkoppeltes <sup>13</sup>C-NMR-Spektrum von (7) in CDCl<sub>3</sub> bei -50°C mit TMS als internem Standard.

Die Ringprotonensignale von (7) sind gegenüber denen des Heptalens (τ = 4.2 und 4.9)<sup>[15]</sup>, des Cyclooctatetraens (τ = 4.31)<sup>[16]</sup> sowie besonders des Fulvens (τ = 3.9)<sup>[17]</sup> und 1,2-Dihydropentalens (τ = 3.29–4.18)<sup>[18]</sup> nach höherem Feld verschoben. Gleiches lehrt ein Vergleich mit den Signalen der externen Protonen des [16]Annulens (τ = 4.67)<sup>[19]</sup> und des 1,7-Methano[12]annulens (τ = 4.2–4.6)<sup>[20]</sup>, die beide einen paramagnetischen Ringstrom aufweisen.

Danach dürfte auch bei (7) ein paramagnetischer Ringstrom wirksam sein und diese Verbindung „antiaromatischen“ Charakter besitzen. Die Existenz von nur fünf Signalen im <sup>13</sup>C-NMR-Spektrum für die acht Ring-C-Atome von (7) weist darauf hin, daß dieses nicht als fixiertes Doppelbindungssystem gemäß einer der Kekulé-Strukturen (7a) und (7b) vorliegt. Ob jedoch das π-Elektronensystem von (7) im Sinne von (1a) delokalisiert ist oder es sich um ein zwischen den Kekulé-Strukturen (7a) und (7b) rasch oszillierendes System handelt, kann noch nicht entschieden werden.

Eingegangen am 9. Mai 1973 [Z 833]

[1] J. W. Armit u. R. V. Robinson, J. Chem. Soc. 121, 827 (1922); 127, 1604 (1925).

[2] D. P. Craig in D. Ginsburg: Non-Benzenoid Aromatic Compounds. Interscience, New York 1959, S. 1; E. D. Bergmann, ibid. S. 141; H. C. Longuet-Higgins in: Theoretical Organic Chemistry; Kekulé Symposium. Butterworths, London 1959; M. J. S. Dewar, Chem. Soc. Spec. Publ. 21, 177 (1967).

[3] M. J. S. Dewar u. C. de Liano, J. Amer. Chem. Soc. 91, 789 (1969); G. Binsch in E. D. Bergmann u. B. Pullmann: Aromaticity, Pseudo-Aromaticity, Anti-Aromaticity. Proceedings of the 3. Jerusalem Symposium on Quantum Chemistry and Biochemistry, Israel Academy of Science and Humanities, 1971, S. 25; B. A. Hess u. L. J. Schaad, J. Amer. Chem. Soc. 93, 305 (1971).

[4] N. C. Baird u. R. M. West, J. Amer. Chem. Soc. 93, 3072 (1971); T. Nakajima, Fortschr. Chem. Forsch. 32, 1 (1972); H. J. Lindner, unveröffentlicht. Wir danken Prof. Lindner für wertvolle Diskussionen.

[5] K. Hafner, Pure Appl. Chem. Suppl. 2, 1 (1971); K. Hafner, R. Dönges, E. Goedecke u. R. Kaiser, Angew. Chem. 85, 362 (1973); Angew. Chem. internat. Edit. 12, 337 (1973); H. U. Süß, Diplomarbeit, Technische Hochschule Darmstadt 1973.

[6] R. Bloch, R. A. Marty u. P. deMayo, J. Amer. Chem. Soc. 93, 3071 (1971); Bull. Soc. Chim. Fr. 1972, 2031.

[7] (3) wird durch Umsetzung von 5-Dimethylamino-2,2,6,6-tetramethyl-4-hepten-3-on [8] mit Triäthylxonium-tetrafluorborat in siedendem CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> (3h) dargestellt.

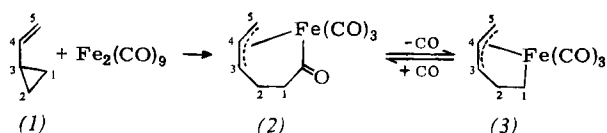
- [8] H. Weingarten u. M. G. Miles, J. Org. Chem. 33, 1506 (1968).  
 [9] Die Reaktionsbedingungen wurden noch nicht optimiert.  
 [10] Wir danken Dr. G. Schaden für die Aufnahme des Tieftemperatur-Massenspektrums.  
 [11] E. LeGoff, J. Amer. Chem. Soc. 84, 3975 (1962).  
 [12] K. Hafner, K. F. Bangert u. V. Orfanos, Angew. Chem. 79, 414 (1967); Angew. Chem. internat. Edit. 6, 451 (1967); K. Hafner, Pure Appl. Chem. 28, 153 (1971).  
 [13] K. Hartke u. R. Matusch, Angew. Chem. 84, 61 (1972); Angew. Chem. internat. Edit. 11, 50 (1972).  
 [14] Dr. S. Braun danken wir für die Aufnahme und Interpretation der  $^{13}\text{C}$ -NMR-Spektren.  
 [15] H. J. Dauben, Jr. u. D. J. Bertelli, J. Amer. Chem. Soc. 83, 4659 (1961).  
 [16] J. S. Waugh u. R. W. Fessenden, J. Amer. Chem. Soc. 79, 846 (1957).  
 [17] E. Sturm u. K. Hafner, Angew. Chem. 76, 862 (1964); Angew. Chem. internat. Edit. 3, 749 (1964); D. Meuche, M. Neuenschwander, H. Schaltegger u. H. U. Schlunegger, Helv. Chim. Acta 47, 1211 (1964).  
 [18] R. Kaiser u. K. Hafner, Angew. Chem. 82, 877 (1970); Angew. Chem. internat. Edit. 9, 892 (1970).  
 [19] G. Schröder u. J. F. M. Oth, Tetrahedron Lett. 1966, 4083; J. F. M. Oth u. J.-M. Gilles, ibid. 1968, 6259.  
 [20] H. Günther, H. Schmückler, H. Königshofen, K. Recker u. E. Vogel, Angew. Chem. 85, 261 (1973); Angew. Chem. internat. Edit. 12, 243 (1973).

## Metall-katalysierte [4+2]-Cycloaddition einer Vinylcyclopropan-Gruppe an einen Cyclopropan-Ring.

### Synthese eines Bishomobenzol- $\text{Fe}(\text{CO})_3$ -Derivats und dessen entartete Valenzisomerisierung<sup>[1]</sup>

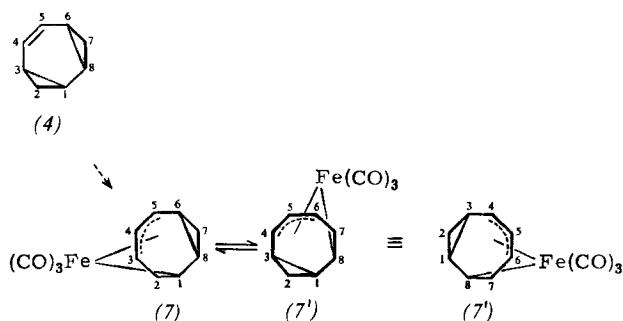
Von Rudolf Aumann<sup>[\*]</sup>

Bei der Cycloaddition von Vinylcyclopropan-Gruppen (1) an Eisen-Carbonylkohlenstoff-Bindungen entstehen  $\text{Fe}$ -Heterocyclen (2), die in reversibler Reaktion zu 1,3,4,5- $\eta$ -Pentendiyl- $\text{Fe}(\text{CO})_3$ -Verbindungen (3) und Kohlenmonoxid zerfallen<sup>[2,3]</sup>.



Systeme (3) sind potentielle Zwischenstufen bisher unbekannter metall-katalysierter [4+2]-Cycloadditionen von Vinylcyclopropan-Systemen an ungesättigte C—C-Bindungen.

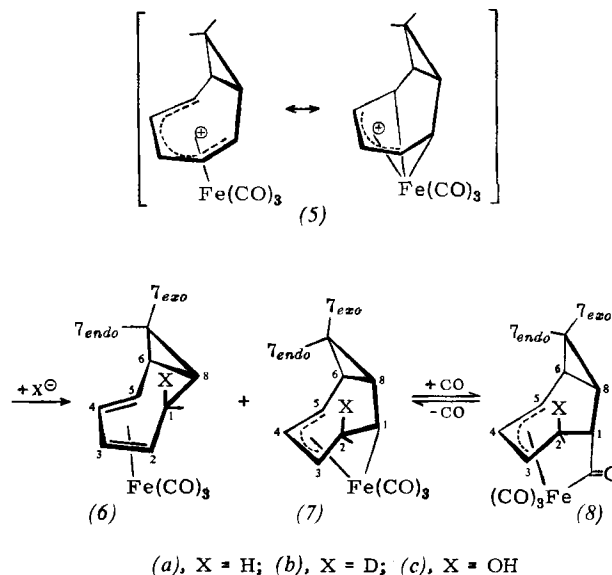
Ich synthetisierte eine Modellverbindung (7), an der eine intramolekulare Addition der  $\text{C}^6$ — $\text{C}^8$ -Bindung des Cyclo-



[\*] Priv.-Doz. Dr. R. Aumann  
 Organisch-chemisches Institut der Universität  
 44 Münster, Orleans-Ring 23

propan-Rings an die 1,3,4,5- $\eta$ - $\text{Fe}(\text{CO})_3$ -Einheit sich durch eine entartete Valenzisomerisierung (7)  $\rightleftharpoons$  (7') zu erkennen geben sollte.

Da sich *cis,cis*-Bishomobenzol (4) wegen seiner thermischen Instabilität zur Synthese von (7) nicht eignet, wurde (7) auf einem neuen Reaktionsweg<sup>[5]</sup> durch kinetisch kontrollierte Addition von  $\text{H}^-$  an die aus Cyclooctatetraen- $\text{Fe}(\text{CO})_3$  leicht zugängliche Verbindung (5)<sup>[4a]</sup> hergestellt.



(7a) entsteht so mit 18% Ausbeute neben den bereits bekannten Verbindungen (6a)<sup>[4a]</sup> und (6c)<sup>[4b]</sup> (Gesamtausbeute 90%) durch Umsetzung von (5) mit einer 3-proz. Lösung von  $\text{NaBH}_4$  in Eiswasser. (7a) bildet mit Kohlenmonoxid ein Addukt (8a) ( $\text{Fp} = 86\text{--}87^\circ\text{C}$ , Zers.), das durch fraktionierende Kristallisation aus Pentan bei  $-60^\circ\text{C}$  abgetrennt und im Vakuum (5 Torr;  $40^\circ\text{C}$ ) wieder zu (7a) zersetzt werden kann<sup>[2]</sup>.

Eine entartete Valenzisomerisierung (7)  $\rightleftharpoons$  (7') ließ sich in der Tat nachweisen. Sie erfolgt formal unter Wanderung des Cyclopropan-Rings von der Position 6, 7, 8 nach 1, 2, 3 und gleichzeitiger Verschiebung der  $\pi$ -Allyl-Eisen-Bindung von 3, 4, 5 nach 4, 5, 6 sowie der  $\sigma$ -Kohlenstoff-Eisen-Bindung von 1 nach 8. Die Umlagerung ist durch Deuterium-Markierung an  $\text{C}^2$  erkennbar<sup>[6]</sup>. Da sich jedoch in einer Lösung von (7b) bei Raumtemperatur rasch ein 1:1-Gleichgewicht (7b)  $\rightleftharpoons$  (7b') einstellt, wurde die Untersuchung an der verglichen mit (7b) kinetisch stabileren, reiner isolierbaren Verbindung (8b) durchgeführt, die durch das Gleichgewicht<sup>[2]</sup> (7b) + CO  $\rightleftharpoons$  (8b) mit (7b) verbunden ist.

Im  $^1\text{H}$ -NMR-Spektrum von (8b) (Abb. 1) beobachtet man bei  $40^\circ\text{C}$  eine langsame Intensitätsabnahme des Resonanzsignals  $\text{H}^{7\text{endo}}$ , während in gleichem Maße das Restprotonensignal von  $\text{H}^{2\text{pseudoaxial}}$  bei gleichbleibender Intensität der übrigen Signale zunimmt. Der Gleichgewichtszustand wird in Benzol bei  $40^\circ\text{C}$  nach ca. 25 min erreicht.

Der Versuch, an (7a) den Austausch der magnetischen Umgebungen der Protonen  $4 \leftrightarrow 5$ ,  $3 \leftrightarrow 6$ ,  $2 \leftrightarrow 7$ ,  $1 \leftrightarrow 8$  mit Hilfe der Doppelresonanz-Relaxations-Methode<sup>[7]</sup> nachzuweisen, scheiterte, da bei der hierfür erforderlichen Meßtemperatur (7a) zu 1,3,5-Cyclooctatrien- $\text{Fe}(\text{CO})_3$ <sup>[8]</sup> isomerisiert<sup>[9]</sup>.

Aufgrund der Produktanalyse ist anzunehmen, daß die Addition der  $\text{C}^6$ — $\text{C}^8$ -Bindung an die 1,3,4,5- $\eta$ - $\text{Fe}(\text{CO})_3$ -Einheit in (7) unter Retention an allen daran beteiligten