

Experimentelles

2: Zu einer Lösung von **1** (0.500 g, 2.8 mmol) in 10 mL THF wurden bei -10°C unter Stickstoff 2 mL einer 1.6-M-BuLi-Lösung in *n*-Hexan getropft. Nach 15 min wurde die Reaktionslösung bei -30°C zu einer Lösung von *p*-Toluolsulfonylazid (0.600 g, 3.0 mmol) in 10 mL THF gegeben. Nach Abdampfen des Lösungsmittels bei vermindertem Druck wurde der Rückstand mit Petrolether behandelt und die Lösung filtriert. Das Filtrat wurde bei vermindertem Druck eingedunstet, und die Diazoverbindung **2** fiel als roter Feststoff aus (0.497 g, 87%). Schmp. $65-67^{\circ}\text{C}$ (Zers.); $^1\text{H-NMR}$ (300 MHz, CDCl_3): $\delta = 7.2$ (d, $J = 5$ Hz, 2H), 7.1 (d, $J = 5$ Hz, 2H); IR (Nujol): $\tilde{\nu} = 2099\text{ cm}^{-1}$ (N_2); passende Elementaranalyse.

3: Bei Raumtemperatur wurde **2** (0.051 g, 0.25 mmol) zu einer Lösung von C_{60} (0.178 g, 0.25 mmol) in 200 mL Toluol gegeben. Nach 12 h wurde das Lösungsmittel bei vermindertem Druck entfernt. Der feste Rückstand wurde mit Diethylether gewaschen; Ausbeute an **3**: 0.112 g (50%). $^1\text{H-NMR}$ (300 MHz, $\text{CS}_2/\text{CDCl}_3$): $\delta = 7.60$ (d, $J = 5$ Hz, 2H), 7.13 (d, $J = 5$ Hz, 2H); CP/MAS- $^{13}\text{C-NMR}$ (75.5 MHz, Rotationsfrequenz: 4.5 kHz, Kontaktzeit: 1.5 ms, TMS): Hauptsignale bei $\delta = 45.9, 76.1, 123.3, 127.4, 139.5, 143.1, 144.6, 147.5$; FAB-MS (4-Nitrobenzylalkohol): m/z 720 [$M^+ - \text{C}_6\text{H}_4\text{S}_2$], 176 [$\text{C}_6\text{H}_4\text{S}_2^+$]; UV/Vis (Cyclohexan): $\lambda_{\text{max}} = 209, 258, 328, 404, 434\text{ nm}$; **3** ist bei 500°C thermisch stabil (DSC, Stickstoffatmosphäre); passende Elementaranalyse.

Die elektrochemischen Untersuchungen wurden bei 25°C unter Stickstoff in einer 3-Elektrodenzelle mit Platinelektroden als Arbeits- (0.003 cm^2) und Gegenelektrode durchgeführt. Als Referenzelektrode diente das System Silber/0.1 M Silberperchlorat in Acetonitril (0.34 V gegen die gesättigte Kalomelektrode (SCE)). 0.1 M Tetrabutylammoniumperchlorat wurde als Leitelektrolyt benutzt. Polymere Filme zur UV/Vis-spektroskopischen Untersuchung wurden auf Indiumzinnoxid-Platten ($0.8 \times 2.5\text{ cm}$, Schichtwiderstand: $20\ \Omega$ pro Quadrat) erzeugt.

Eingegangen am 16. Oktober 1995 [Z 8478]

Stichworte: Cyclovoltammetrie · Fulleren · Leitfähigkeit · Polythiophen · Polymere

- [1] F. Garnier, *Angew. Chem. Adv. Mater.* **1989**, *101*, 529; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl. Adv. Mater.* **1989**, *28*, 517; *Adv. Mater.* **1989**, *1*, 117.
- [2] Zur Einteilung von Fullerenpolymeren siehe: A. Hirsch, *Adv. Mater.* **1993**, *5*, 859.
- [3] a) T. Suzuki, Q. Li, K. C. Khemani, F. Wudl, Ö. Almarsson, *J. Am. Chem. Soc.* **1992**, *114*, 7300; b) S. Shi, K. C. Khemani, Q. „Chan“ Li, F. Wudl, *ibid.* **1992**, *114*, 10656; c) D. Loy, R. Assink, *ibid.* **1992**, *114*, 3977; d) A. M. Rao, P. Zhou, F. Wang, G. T. Hager, J. M. Holden, Y. Wang, X. X. Lee, P. C. Eklund, D. S. Cornett, M. A. Duncan, I. J. Amster, *Science* **1993**, *259*, 955; e) N. Tokahasi, H. Dock, N. Matsuzawa, M. Ata, *J. Appl. Phys.* **1993**, *74*, 5790.
- [4] M. Fedurco, D. A. Costa, A. L. Balch, W. R. Fawcett, *Angew. Chem.* **1995**, *107*, 220; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1995**, *34*, 194.
- [5] H. L. Anderson, C. Boudon, F. Diederich, J. P. Gisselbrecht, M. Gross, P. Seiler, *Angew. Chem.* **1994**, *106*, 1691; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1994**, *33*, 1628.
- [6] F. Wudl, *Acc. Chem. Res.* **1992**, *25*, 157.
- [7] a) N. S. Sariciftci, L. Smilowitz, A. J. Heeger, F. Wudl, *Science* **1992**, *258*, 1474; b) L. Smilowitz, N. S. Sariciftci, R. Wu, C. Gettinger, A. J. Heeger, F. Wudl, *Phys. Rev. B* **1993**, *47*, 13835; c) B. Kraabel, C. H. Lee, D. McBranch, D. Moses, N. S. Sariciftci, A. J. Heeger, *Chem. Phys. Lett.* **1993**, *213*, 389; d) C. H. Lee, G. Yu, D. Moses, N. S. Sariciftci, A. J. Heeger, *Phys. Rev. B* **1993**, *48*, 15425; e) C. H. Lee, A. J. Janssen, N. S. Sariciftci, A. J. Heeger, *ibid.* **1994**, *49*, 5781.
- [8] F. Diederich, L. Isaacs, P. Douglas, *Chem. Soc. Rev.* **1994**, 243.
- [9] T. Benincori, E. Brenna, F. Sannicolò, L. Trimarco, G. Moro, D. Pitea, T. Pilati, G. Zerbi, G. Zotti, *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* **1995**, 881.
- [10] T. Pilati, *Acta Crystallogr. Sect. C* **1995**, *51*, 690.
- [11] R. Hoffmann, R. B. Davidson, *J. Am. Chem. Soc.* **1971**, *93*, 5699; T. Tsuji, T. Shibata, Y. Hienuki, S. Nishida, *ibid.* **1978**, *100*, 1806; A. de Meijere, *Angew. Chem.* **1979**, *91*, 867; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1979**, *18*, 809.
- [12] W. von E. Doering, C. H. De Puy, *J. Am. Chem. Soc.* **1953**, *75*, 5955.
- [13] Wegen der Unlöslichkeit konnte kein zufriedenstellendes $^{13}\text{C-NMR}$ -Spektrum erhalten werden. Ähnliche Beobachtungen machten beispielsweise auch T. Suzuki et al.: T. Suzuki, Q. Li, K. C. Khemani, F. Wudl, Ö. Almarsson, *Science* **1991**, *254*, 1186.
- [14] A. B. Smith III, R. M. Strongin, L. Brard, G. T. Furst, W. J. Romanow, K. G. Owens, R. J. Goldschmidt, R. C. King, *J. Am. Chem. Soc.* **1995**, *117*, 5492.
- [15] D. Dubois, K. M. Kadish, S. Flanagan, R. E. Haufler, L. P. F. Chibante, L. J. Wilson, *J. Am. Chem. Soc.* **1991**, *113*, 4364.
- [16] T. Suzuki, Y. Maruyama, T. Akasaka, W. Ando, K. Kobayashi, S. Nagase, *J. Am. Chem. Soc.* **1994**, *116*, 1359.
- [17] J. P. Hare, H. W. Kroto, R. Taylor, *Chem. Phys. Lett.* **1991**, *177*, 394.
- [18] A. Skumanich, *Chem. Phys. Lett.* **1991**, *182*, 486.
- [19] S. Morita, A. A. Zachidov, T. Kawai, H. Araki, K. Yoshino, *Jpn. J. Appl. Phys.* **1992**, *31*, L890.

$\{\{\text{Na}^+(\text{thf})_2\}_4(\text{Rubren}^{4-})\}$: Kristallisation und Strukturbestimmung eines Kontaktionen-Quintupels des ersten π -Kohlenwasserstoff-Tetraanions**

Hans Bock*, Katayoun Gharagozloo-Hubmann,
Christian Näther, Norbert Nagel und Zdenek Havlas

Professor Herbert W. Roesky zum 60. Geburtstag gewidmet

Die Elektronenaufnahme in π -Kohlenwasserstoffe C_xH_y setzt weniger Energie frei als für eine Elektronenabgabe aufzubringen ist, und die Molekülanionen $[\text{C}_x\text{H}_y]^m-$ befinden sich auf einer Molekülzustandsenergieskala im Gegensatz zu den Molekülkationen $[\text{C}_x\text{H}_y]^n+$ unterhalb des ungeladenen Molekül-Grundzustandes^[1]. Einelektronen-Reduktionen erzeugen Radikalanionen-Salze, die solvensgetrennt $[\text{M}^+_{\text{solv}}][\text{C}_x\text{H}_y]^-$ oder in einer Lösungsmittelhülle als Kontaktionenpaare $[\text{M}^+(\text{C}_x\text{H}_y)]^-_{\text{solv}}$ vorliegen können; die Strukturänderungen beim Übergang vom Neutalmolekül zum Radikalanion sind nur gering^[1, 2]. Zweifach-Reduktionen zu solvensgetrennten oder solvensumhüllten Kontaktionen-Tripeln, $[\text{M}^+_{\text{solv}}]_2[\text{C}_x\text{H}_y]^{2-}$ oder $[\text{M}^+(\text{C}_x\text{H}_y)_2]^-_{\text{solv}}$ ^[3], bewirken demgegenüber meist drastische Strukturänderungen^[1]: So wird in Ethylen-Derivaten $\text{R}_2\text{C}=\text{CR}_2$ bei Reduktion des Neutalmoleküls zum Dianion die Doppel- zur Einfachbindung verlängert, um welche die ehemals coplanaren Molekülhälften nunmehr gegeneinander verdreht sind^[1]; Allene $\text{R}_2\text{C}=\text{C}=\text{CR}_2$ werden an ihrem zentralen C-Zentrum geknickt und protoniert^[1], Benzol-Sechsringe zur „Wanne“ deformiert^[4]. In cyclovoltammetrischen Untersuchungen konnten zwar bis zu vier aufeinanderfolgende reversible Einelektronen-Oxidationen beobachtet werden^[1], dagegen gelingt bei Benzol selbst die Einfach-Reduktion nur unter extrem aprotischen Bedingungen und am Rande des Meßbereiches^[5]. Umfangreiche Chemical-Abstracts-Service(CAS)- und Cambridge-Structural-Database(CSD)-Recherchen lieferten keine Hinweise auf bekannte Strukturen von π -Kohlenwasserstoff-Trianiionen und -Tetraaniionen^[6].

Unser Erstaunen war daher groß, als sich das Produkt der Reduktion von Rubren an einem Natriummessing^[7] als ein Kontaktionen-Quintupel des ersten π -Kohlenwasserstoff-Tetraanions erwies (Abb. 1). In Tetrakis[bis(tetrahydrofuran)-natrium]-5,6,11,12-tetraphenyltetracen (triklin, $P\bar{1}$, $Z = 1$) befinden sich die vier, jeweils doppelt THF-solvatisierten Na^+ -Ionen in zwei unterschiedlichen Positionen: ober- und unterhalb des zentralen Tetracengerüsts einerseits sowie in den seitlichen Bis(phenyl)-Zangen andererseits. Erstere Na^+ -Ionen sind achtfach koordiniert; und die kürzesten Kontakte $\text{Na}^+ \cdots \text{C}^{\delta-}$ von 260 und 263 pm Länge bestehen zu den beiden phenylsubstituierten Kohlenstoffzentren, gefolgt von zwei 272 pm langen zu den Kohlenstoffzentren des Tetracengerüsts und den über 290 pm betragenden zu den *ipso*-C-Zentren der jeweils gegenüberliegenden Phenylringe. Die Kontakte $\text{Na}^+ \cdots \text{O}_{\text{THF}}$ sind mit

*] Prof. Dr. H. Bock, Dipl.-Chem. K. Garagozloo-Hubmann, Dr. C. Näther, Dipl.-Chem. N. Nagel
Chemische Institute der Universität
Marie-Curie-Straße 11, D-60439 Frankfurt am Main
Dr. Z. Havlas
Institut für Organische Chemie und Biochemie der Tschechischen Akademie der Wissenschaften
Flemingovo Nam 2, CS-16610 Prag (Tschechische Republik)

**] Wechselwirkungen in Kristallen, 100. Mitteilung. Diese Arbeit wurde von der Adolf-Messer-Stiftung, der Deutschen Forschungsgemeinschaft, dem Land Hessen und dem Fonds der Chemischen Industrie gefördert. – 99. Mitteilung: H. Bock, C. Näther, N. Nagel, *Angew. Chem. und Angew. Chem. Int. Ed. Engl.*, eingereicht.

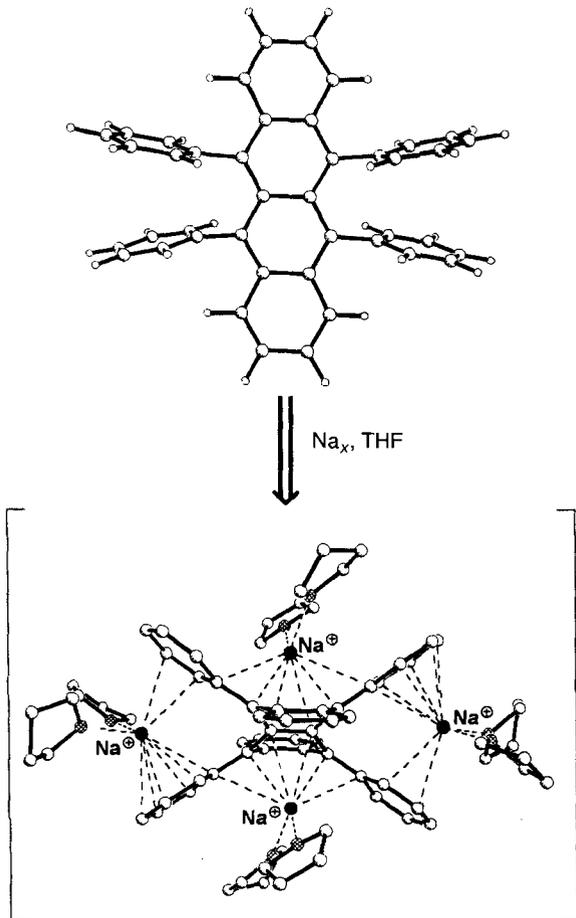


Abb. 1. Strukturänderungen bei der Vierfach-Reduktion von Rubren an einem Natriummetspigel zum Kontaktionen-Quintupel seines Tetraanions.

227 pm wesentlich kürzer^[8]. Die seitlichen Na^+ -Zentren weisen die höhere Koordinationszahl 10 auf. Da die räumliche Anordnung der Tetracen-Phenylsubstituenten keinen symmetrischen Dibenzolatrium-Sandwich^[1] zuläßt, wird einer der beiden Phenylringe η^6 - und der andere nur η^2 -koordiniert; die Kontaktabstände $\text{Na}^+ \cdots \text{C}^{\delta-}$ betragen 277–293 pm sowie 275 und 284 pm.

Die Vierelektronen-Einlagerung in das planare Tetracengerüst des Rubrens^[9] bewirkt drastische Strukturänderungen. Das Tetraanion ist an den Phenylsubstitutions-Zentren C5, C6, C11 und C12 nach oben und unten jeweils um 43° (!) geknickt (Abb. 2 oben), zugleich werden zahlreiche kurze Bindungen verlängert und längere verkürzt (Abb. 2 unten). So ist im Tetraanion die zentrale CC-Bindung von 147 pm um 8 pm (!) auf 139 pm verkürzt, und die vier angrenzenden CC-Bindungen sind von 142 pm um 6 pm (!) auf 148 pm aufgeweitet worden. Die beiden geknickten Sechsringe zeigen Rekord-Winkelstauungen von 121° auf 112° (!), die zusammen mit den „chinoiden“-Ringverzerrungen zu den Phenylringen sowie deren *ipso*-Winkeln von nur noch 113° ^[11] andeuten, wo ein Großteil der negativen Vierfach-Überschußladung lokalisiert ist.

Tetraanionen wie das hier beschriebene sollten ein vorzügliches Testgelände für Berechnungen mit hochkorrelierten Wellenfunktionen darstellen. Wir haben zunächst aus den experimentellen Strukturdaten nach der MNDO-Näherung^[10] die jeweiligen Ladungsordnungen sowie die Bildungsenthalpien abgeschätzt: 1) Die vier negativen Ladungen sind hiernach unerwartet gleichmäßig über das Gesamtmolekül verteilt: durch-

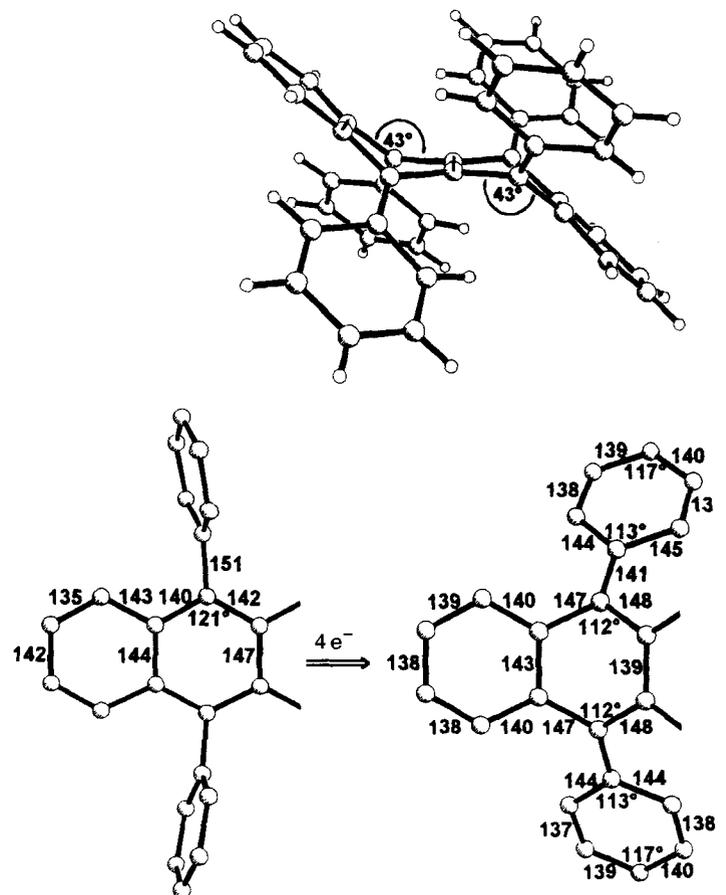


Abb. 2. Molekülstruktur des Rubren-Tetraanions: Seitenansicht (oben) und Strukturvergleich mit Rubren (unten).

schnittlich jeweils -0.62 über jeden Phenylring und jeweils -0.60 über jeden Tetracen-Sechsring (zentrale CC-Bindungen doppelt gezählt). Hohe Einzelladungen von jeweils -0.22 finden sich erwartungsgemäß an den vier Ring-Knickzentren. 2) Die Gesamtbildungsenthalpie des achtfach THF-solvatisierten Tetranatrium-Komplexes ergibt sich zu $\Delta H_f^{\text{MNDO}} = -2520 \text{ kJ mol}^{-1}$ und die des neutralen Rubrens zu $\Delta H_f^{\text{MNDO}} = +1076 \text{ kJ mol}^{-1}$. Wird von der Komplexbildungsenthalpie der gesondert aus den Strukturdaten berechnete Anteil für vier $[\text{Na}^+(\text{thf})_2]$ -Gegenkationen von -521 kJ mol^{-1} subtrahiert, so verbleiben für das Rubren-Tetraanion $\Delta H_f^{\text{MNDO}} = 1992 \text{ kJ mol}^{-1}$ und als Elektronenaffinität, $\text{Rubren} + 4 e^- \rightarrow \text{Rubren}^{4-}$, noch $\Delta \Delta H_f^{\text{MNDO}} = +916 \text{ kJ mol}^{-1}$, d. h. etwa 2.4 eV pro Elektron.

Trotz all dieser Rationalisierungsversuche erscheint die vierfache Rubren-Reduktion an einem Natriummetspigel wundersam. Möglicherweise werden zunächst nur zwei Elektronen eingelagert, die ein Kontaktionen-Tripel mit je einem Na^+ -Ion ober- und unterhalb des Tetracengerüsts erzeugen und gleichzeitig das Dianion soweit knicken, daß zwei weitere Elektronentransferschritte unter Bildung der „seitlichen“ Bis(phenyl) Na^+ -Einheiten realisierbar werden.

Wie immer der mikroskopische Reduktionspfad zum Kontaktionen-Quintupel des Rubren-Tetraanions verläuft, unser Bericht sollte auf jeden Fall die Suche nach weiteren Drei- oder Vierelektronen-Einlagerungen in ungesättigte Kohlenwasserstoffe stimulieren! Unter ähnlichen Bedingungen gelingt die Reduktion von Anthracen in THF an einem Kaliummetallspegel

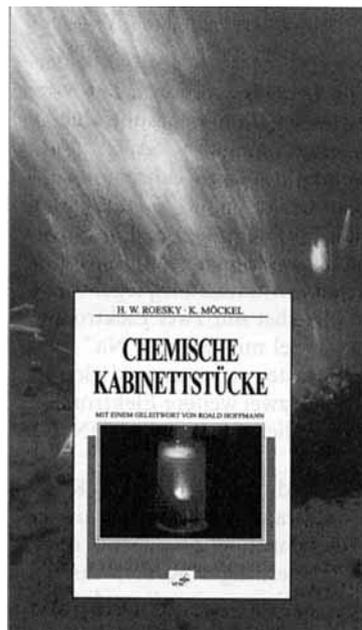
zum ersten Kontaktionen-Septupel $\{[K^+(thf)]_4(Anthracen)_3\}_\infty^-$, das trotz seiner extremen Luftempfindlichkeit mit einem R_1 -Wert von nur 0.043 strukturell charakterisiert werden konnte^[11].

Eingegangen am 4. Oktober 1995 [Z 8440]

Stichworte: Reduktionen · Rubren · Strukturaufklärung · Tetraanionen

[1] H. Bock, K. Ruppert, C. Näther, Z. Havlas, H.-F. Herrmann, C. Arad, I. Göbel, A. John, J. Meuret, S. Nick, A. Rauschenbach, W. Seitz, T. Vaupel, B. Solouki, *Angew. Chem.* **1992**, 104, 564; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1992**, 31, 550, zit. Lit.
 [2] a) H. Bock, C. Arad, C. Näther, Z. Havlas, *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* **1995**, im Druck; b) H. Bock, C. Näther, Z. Havlas, A. John, C. Arad, *Angew. Chem.* **1994**, 106, 1823; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1994**, 33, 1755, zit. Lit.
 [3] H. Bock, C. Näther, K. Ruppert, Z. Havlas, *J. Am. Chem. Soc.* **1992**, 114, 6907.
 [4] H. Bock, M. Ansari, N. Nagel, Z. Havlas, *J. Organomet. Chem.* **1995**, 499, 63, zit. Lit., insbesondere A. Sekiguchi, K. Ebata, C. Kabuto, H. Sakurai, *J. Am. Chem. Soc.* **1991**, 113, 1464.
 [5] J. Heinze, *Angew. Chem.* **1984**, 96, 823, *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1984**, 23, 831, zit. Lit.
 [6] Die Recherchen wurden am 28. September 1995 durchgeführt.
 [7] Darstellung und Einkristallzüchtung von $\{[Na(thf)_2]_4(C_{42}H_{28})\}$: 40 mg (1.74 mmol) frisch geschnittenes Natrium werden in eine bei 10^{-3} mbar ausgeheizte Schlenck-Falle eingewogen und zu einem Metallspiegel an der Gefäßwandung destilliert. Unter Argon werden 50 mg (0.094 mmol) getrocknetes 5,6,11,12-Tetraphenyltetracen (Rubren) eingetragen und 10 mL wasserfreies

Tetrahydrofuran aufpipettiert. Die Schlenck-Falle wird in Schrägposition so befestigt, daß die Rubrenlösung den Metallspiegel überspült. Aus der sich tiefgrün färbenden Flüssigkeit wachsen nach 2 d auf dem Boden der Schlenck-Falle dunkelgrüne bis schwarze, luftempfindliche Blöcke. Kristallstrukturbestimmung: Schwarze Blöcke, $C_{42}H_{28}Na_4 \cdot 4 C_5H_{10}O$ ($M_r = 1201.44$), $a = 1139.4$ (1), $b = 1295.8$ (1), $c = 1301.9$ (1) pm, $\alpha = 99.02$ (1), $\beta = 108.07$ (1), $\gamma = 109.31$ (1)°, $V = 1650.9 \times 10^6$ pm³ ($T = 150$ K), $\rho_{\text{ber}} = 1.208$ g cm⁻³, triklin, $P\bar{1}$ (Nr. 2), $Z = 1$, Siemens-P4-Vierkreisdiffraktometer, $Mo_{K\alpha}$ -Strahlung, $\mu = 0.10$ mm⁻¹, 7233 gemessene Reflexe im Bereich von $3^\circ \leq 2\theta \leq 54^\circ$, davon 6885 unabhängig und zur Verfeinerung verwendet ($R_{\text{int}} = 0.0241$), Strukturlösung mit direkten Methoden und Differenz-Fourier-Technik (SHELXS-86), Strukturverfeinerung gegen F^2 (SHELXL-93), 436 Parameter, $w = 1/[\sigma^2(F_o^2) + (0.0717P)^2 + 1.02P]$, R für 5066 $F_o > 4\sigma(F_o) = 0.0588$, wR_2 für alle 6885 Daten = 0.1627, GOOF = 1.023, Restelektronendichte 0.29/−0.26 e Å⁻³. Alle C-, O- und Na-Lagen wurden anisotrop verfeinert, die Wasserstoffzentren geometrisch ideal positioniert und mit individuellen isotropen Auslenkungsparametern ($[U_{\text{iso}} = 1.2 \times U_{\text{eq}}(\text{CH}/\text{CH}_2)]$; $[U_{\text{iso}} = 1.5 \times U_{\text{eq}}(\text{CH}_2)]$) nach dem Reitermodell verfeinert. – Weitere Einzelheiten zur Kristallstrukturuntersuchung können beim Fachinformationszentrum Karlsruhe, D-76344 Eggenstein-Leopoldshafen, unter der Hinterlegungsnummer CSD-404813 angefordert werden.
 [8] H. Bock, C. Näther, Z. Havlas, A. John, C. Arad, *Angew. Chem.* **1993**, 105, 931; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1993**, 32, 875.
 [9] I. Bulgarovskaya, V. Vozzhennikov, S. Aleksandrov, V. Belsky, *Latv. PSR Zinat. Akad. Vestis Khim. Ser.* **1983**, 53.
 [10] Z. Havlas, S. Nick, H. Bock, *Int. J. Quantum Chem.* **1992**, 44, 449; vgl. auch Lit. [1–3].
 [11] H. Bock, T. Hauck, C. Näther, unveröffentlicht; vgl. T. Hauck, Dissertation, Universität Frankfurt, 1995.



Roesky, H. W. / Möckel, K.

Chemische Kabinettstücke

1994. XVII, 342 Seiten mit 65 Abbildungen davon 37 in Farbe. Gebunden. DM 68,-. ISBN 3-527-29220-9

Zauberhaft, doch keine Hexerei – so werden schon viele Zuschauer der 'Chemischen Kabinettstücke' von Professor Roesky gedacht haben. Für alle, die dieses Vergnügen bislang versäumt haben, für alle, die die schönsten Versuche noch einmal sehen möchten, und für alle, die auch selbst einmal 'zaubern' möchten, wurde dieses Buch geschrieben.

Geradezu spielerisch erschließen die nahezu 200 spektakulären

Experimente in diesem Buch die vielschichtige Welt der Chemie. Die Themen reichen vom Energieumsatz bei chemischen Reaktionen über ungewöhnliche (aber nützliche) Eigenschaften der Materie bis zur Veranschaulichung des Treibhauseffekts. Jeder Versuch hat eine besondere Pointe, wurde mehrfach geprüft und ist zur Demonstration in einem größeren Rahmen geeignet. Auf den richtigen Umgang mit den verwendeten Chemikalien wird hingewiesen und jeder Versuch wird anschaulich, aber wissenschaftlich korrekt interpretiert. Damit wird die Chemie von einer unzugänglichen Geheimwissenschaft zu einem faszinierenden, weil verständlichen, Betätigungs-

feld. Die liebevolle Ausstattung dieses Buches mit zahlreichen Farb- und Schwarzweißabbildungen und mit historischen, philosophischen und anekdotischen Vignetten macht das Lesen und Nachvollziehen zu einem reinen Vergnügen.

VCH, Postfach 10 11 61, D-69451 Weinheim, Telefax 0 62 01 - 60 61 84



Wissen ist Zukunft