

wie Triethanolamin^[2b]. Wir berichten über die in neutraler Lösung verlaufende Photoreduktion von Wasser in Gegenwart von Übergangsmetaldithiolenkomplexen ($\lambda_{\max} \approx 800$ nm)^[3].

Wir belichteten ($\lambda \geq 290$ nm) einen der in Tabelle 1 angegebenen Komplexe^[4] in Tetrahydrofuran (THF)/H₂O, Volumenverhältnis 11.5:1, und fanden bei der gaschromatographischen Analyse der Gasphase H₂; bei Lichtausschluß gelingt dies nicht. Erste quantitative H₂-Bestimmungen^[5] wurden mit dem Nickelkomplex (1) durchgeführt: Nach 185, 350 bzw. 483 h Belichtung ($\lambda \geq 290$ nm) entstehen in THF/H₂O 46, 100 bzw. 225% H₂^[6].

Tabelle 1. „Übergangsmetaldithiolen“.

	n	M	R	z	
$\left(\begin{array}{c} \text{R} \quad \text{S} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{M} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{R} \quad \text{S} \end{array} \right)_n$	2	Ni	Ph	0	(1)
	2	Pd	Ph	0	(2)
	2	Pt	Ph	0	(3)
	2	Fe	Ph	0	(4)
	2	Co	Ph	0	(5)
	3	W	Ph	0	(6)
	3	Mo	Ph	0	(7)
Kation:	2	Ni	Me	0	(8)
Me ₄ N ⁺	2	Ni	Ph	-1	(9)
Bu ₄ N ⁺	2	Ni	Ph	-2	(10)
Bu ₄ N ⁺	2	Ni	CN	-2	(11)
Ph ₄ P ⁺	3	W	CN	-2	(12)

in getrocknetem THF findet man nach den gleichen Belichtungszeiten 9, 16 bzw. 77% H₂; eine gleichzeitig belichtete Probe (THF/H₂O) ohne Komplex (1) entwickelte nach 165 h Spuren von Wasserstoff (ca. 0.5%). Wird für die Belichtung ($\lambda \geq 254$ nm) eine Quarzapparatur verwendet, so erfolgt die H₂-Bildung wesentlich schneller: 141 mg (0.26 mmol) (1) in 200 ml THF/H₂O (9:1) ergeben in 22 h 209 ml (9.4 mmol) Wasserstoff.

Die Tatsache, daß selbst bei der Reaktion in wasserfreiem THF^[7] etwas H₂ gefunden wurde, deutet darauf hin, daß ein Teil des H₂ von (1) und/oder dem Lösungsmittel stammen könnte. Ersteres erscheint sehr unwahrscheinlich, da Belichtung von (1) in CCl₄ keine H₂-Bildung bewirkt. Zur Klärung der zweiten Möglichkeit wurden einige Belichtungen ($\lambda \geq 290$ nm) in Gegenwart von D₂O durchgeführt und die Zusammensetzung der Gasphase massenspektrometrisch bestimmt^[8]. Bei gleichem Verhältnis Lösungsmittel/D₂O (12:1) wurden folgende Werte für das Verhältnis HD/D₂ gefunden: THF: 13 und CH₃CN: 2.1; das Verhältnis D/H beträgt demnach etwa 1 und 2. Diese Ergebnisse bestätigen die Spaltung von D₂O und die H-Abstraktion aus dem Lösungsmittel. Daß das organische Lösungsmittel kein essentieller Bestandteil des Systems ist, zeigt die, wenn auch geringere, Wasserstoffbildung beim Belichten von (1) in heterogener wäßriger Lösung.

Der Mechanismus dieser neuartigen photochemischen Spaltung von Wasser ist noch unbekannt. Es erscheint unsicher, ob elektronisch angeregtes (1) und/oder dessen Mono- bzw. Dianion (9) bzw. (10) den Ablauf der Reaktion ermöglichen; da bei allen Umsetzungen mit (1) die Bildung von (10) beobachtet wurde^[9], sind die beiden letzten Möglichkeiten nicht auszuschließen^[10].

Allgemeine Arbeitsvorschrift

In 25 ml eines THF/H₂O-Gemisches (11.5:1, Volumenverhältnis) werden je nach Löslichkeit bis zu 0.1 mmol des „Metaldithiolens“ gelöst. Die Lösung wird in Schraubdeckelgefäßen mit Magnetrührer und gasdichter Gummidichtung ca.

30 min mit Argon gespült; danach werden die Glasgefäße verschlossen und in einer „Merry go round“-Apparatur bei Raumtemperatur in einem Wasserbad 5–7 d mit einer Hg-Hochdrucklampe (Philips HPK 125 W) bestrahlt. GC-Analyse der gasförmigen Produkte auf einer Molekularsiebsäule (5 Å)^[12].

Eingegangen am 30. Oktober 1978,
ergänzt am 24. Juni 1980 [Z 540]

- [1] Vgl. N. Getoff: Wasserstoff als Energieträger. Springer-Verlag, Berlin 1977, S. 173; E. Schumacher, *Chimia* 32, 193 (1978).
- [2] Vgl. z. B. a) K. R. Mann, N. S. Lewis, V. M. Miskowski, D. K. Erwin, G. S. Hammond, H. B. Gray, *J. Am. Chem. Soc.* 99, 5525 (1977); W. C. Troglor, D. K. Erwin, G. L. Geoffroy, H. B. Gray, *ibid.* 100, 1160 (1978); b) J.-M. Lehn, J.-P. Sauvage, *Nouveau J. Chim.* 1, 449 (1977).
- [3] λ_{\max} bedeutet hier und im folgenden stets das Absorptionsmaximum niedrigster Energie.
- [4] Übersicht: G. N. Schrauzer, *Adv. Chem. Ser.* 110, 73 (1972); E. Hoyer, W. Dietzsch, W. Schroth, *Z. Chem.* 11, 41 (1971); J. A. McCleverty, *Prog. Inorg. Chem.* 10, 49 (1968).
- [5] In einem Wasserbad wurden bei Raumtemperatur 0.024 mmol (1) in 8 ml Lösung in einem Reaktionsgefäß aus Solidex ($\lambda \geq 290$ nm) belichtet (Philips HPK 125 W). Danach wurde die Gesamtmenge an H₂ gaschromatographisch bestimmt [0.8 m Molekularsieb 5 Å; F. Weeke, E. Bastian, G. Schomburg, *Chromatographia* 7, 163 (1974)].
- [6] Unter der Annahme, daß 1 mol (1) zur Bildung von 1 mol H₂ führt.
- [7] Destilliert über LiAlH₄.
- [8] Es wurde kein H₂ gefunden; wir danken Dr. P. Potzinger, Mülheim, für diese Analysen.
- [9] Nachgewiesen durch Isolierung von (10) nach Zugabe von Bu₄Nl zur belichteten Reaktionslösung.
- [10] Anmerkung bei der Korrektur (19. Juni 1980): Katalysatoren des Typs (11) (M=Zn, R=CN, R—R=Trithiocarbonat [11]) produzieren inzwischen in 24 h mehr als zwei Liter Wasserstoff [in 120 ml 2,5-Dihydrofuran/D₂O (1:1), Tauchlampenapparatur, Lampe: Philips HPK 125 W, $\lambda \geq 254$ nm, Umsatzzahl=1600 mmol Wasserstoff/mmol Katalysator, Gaszusammensetzung: 76% D₂, 21% HD, 3% H₂].
- [11] G. Steinmecke, H.-J. Stiel, R. Kirmse, E. Hoyer, *Phosphorus Sulfur* 7, 49 (1979).
- [12] Vgl. P. G. Jeffery, P. J. Kipping: *Gas Analysis by Gas-Chromatography*. Pergamon Press, London 1964.

MoS₄²⁻ und MoOS₃²⁻ als strukturell vielseitige und biochemisch interessante Liganden in kristallinen Cu- und Fe-Mehrkernkomplexen

Von Achim Müller, Hartmut Bögge, Heinz-Gerhard Tölle, Rainer Jostes, Uwe Schimanski und Mechthild Dartmann^[*]

Die Bedeutung von Thiomolybdaten und besonders des MoS₄²⁻-Ions für biologische Prozesse ist vor kurzem erkannt worden^[1,2]. Im Hydrolyseprodukt der Nitrogenase (Fe-Mo-Protein von *Clostridium pasteurianum*) wurden Thiomolybdate (anhand der von uns früher gemessenen Elektronenabsorptionsspektren der Spezies in wäßriger Lösung) nachgewiesen^[1]. Thiomolybdate bilden sich im Pansen von Weidetieren^[2] und scheinen auch bei Störungen des Cu-Stoffwechsels im humanmedizinischen Bereich involviert zu sein. MoS₄²⁻ ist allgemein der stärkste Antagonist für den Cu-Metabolismus^[2b], und die durch hohen Mo-Gehalt von Weideböden verursachte Cu-Mangelerkrankung (die Wechselwirkung in Weidetieren findet sowohl im Pansen als auch in Zellgeweben statt) bedeutet für die Viehwirtschaft in manchen Gegenden ein außergewöhnlich großes Problem^[2]. Wir konnten jetzt zeigen, daß Thiomolybdate, die neben Thio-wolframat von uns als Liganden in die Koordinationschemie eingeführt wurden^[3], eine starke Tendenz haben, verschiedenartige Cu-Mehrkernkomplexe zu bilden (Umset-

[*] Prof. Dr. A. Müller, Dr. H. Bögge, Dipl.-Chem. H. G. Tölle, Dipl.-Chem. R. Jostes, U. Schimanski, M. Dartmann
Fakultät für Chemie der Universität
Postfach 8640, D-4800 Bielefeld 1

zung nachweisbar bereits bei ca. 10^2 ppm der Reaktanden bezogen auf die Lösungsmittelmenge!), und daß auch der Komplex $[\text{Cl}_2\text{FeS}_2\text{MoS}_3]^{2-}$ (1) eine hohe Bildungstendenz aufweist. (1) kann zum Aufbau des niedermolekularen Fe-Mo-Cofaktors (FeMo-co)^[4] dienen. Wegen des Mo/W-Antagonismus^[2a] erscheinen vom biochemischen Standpunkt auch die analogen W-Derivate interessant.

Wir konnten jetzt die in der Tabelle 1 aufgeführten Verbindungen (2), (3) und (4) in Form reiner Kristalle erhalten und durch Elementaranalyse, ^{57}Fe -Mößbauer-, IR- und Elektronenabsorptionsspektren, durch magnetische Messungen sowie vollständige Kristallstrukturanalyse (Syntax P21, MoK_α) charakterisieren (vgl. Abb. 1, 2 und Tabelle 1).

In den Cu/Mo-Mehrkernkomplexen^[5] ((3): Dreikernkomplex mit trigonal-planarer und tetraedrischer Koordination von Cu; (2): mit zentralem Kubusgerüst; Typ IV: mit

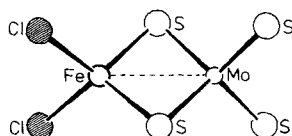


Abb. 1. Molekülstruktur von $[\text{Cl}_2\text{FeMoS}_4]^{2-}$ in Kristallen von (4); $\text{Fe}\cdots\text{Mo} = 2,775 \text{ \AA}$ (Struktur von Thiometallatokomplexen: Typ I mit tetraedrisch koordiniertem Fe-Zentralatom).

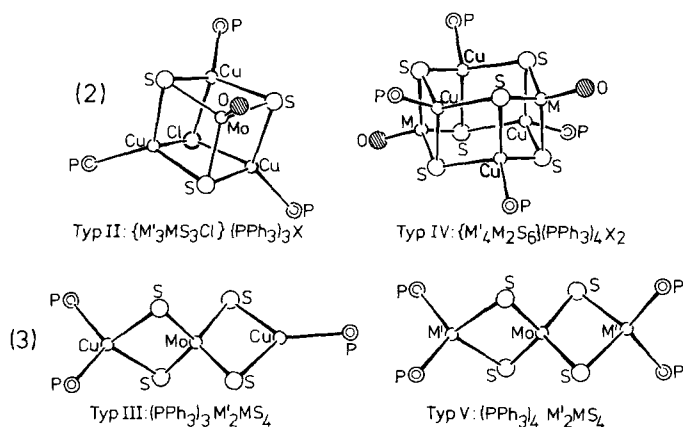


Abb. 2. Molekülstruktur der Mo-Mehrkernverbindungen und Strukturchemie von Thiometallatokomplexen (Typ II–V: $\text{M}' = \text{Cu}$, Ag ; $\text{M} = \text{Mo}$, W ; $\text{X} = \text{O}$, S [5]).

Käfigstruktur aus zwei Metall-Schwefel-Sechsringen) fungiert das MoS_4^{2-} (bzw. MoOS_3^{2-})-Ion als zweifach (in (3)) bzw. dreifach verbrückender Ligand (in (2) und Typ IV). In (2) und Typ IV sind bemerkenswerterweise drei S-Atome des MoOS_3^{2-} -Ions jeweils mit zwei verschiedenen Cu-Atomen verknüpft, so daß ein Thiometallat-Ion insgesamt sechs Cu–S-Bindungen eingeht. Die große Affinität von Cu-Kationen (starke weiche Säure) zu Thiomolybdaten (starke weiche Base) wird auch durch die starke Bildungstendenz verschiedenartiger (und strukturell interessanter) Mehrkernkomplexe deutlich, da deren Bildung nur von der relativen Konzentration der Reaktionspartner abhängt (Cu : Thiomolybdat:Ligand). Diese Fakten deuten im Zusammenhang mit in-vivo-Versuchen mit Molybdaten, MoS_4^{2-} , schwefelhaltigen Verbindungen sowie Cu-Salzen (auch mit radioaktiven Cu- und Mo-Isotopen) an Weidetieren und Ratten^[2b] auf eine entscheidende Beteiligung von Thiomolybdat-Mehrkernkomplexen am Cu-Stoffwechsel hin.

Komplexe mit einer FeS_2Mo -Einheit wie bei (1) sind u. a. interessant, weil der $\text{Fe}\cdots\text{Mo}$ -Abstand mit denen in der Nitrogenase ($2,72 \pm 0,03 \text{ \AA}$) vergleichbar lang ist und Molybdän dort ebenfalls von drei bis vier Schwefelatomen umgeben ist^[6]. $\text{M}\cdots\text{M}'$ -Abstände dieser Größenordnung ($\text{M}' = 3d$ -Metall, $\text{M} = \text{Mo}$, W) findet man in (1) sowie anderen Thiometallat-Mehrkernkomplexen mit zweizähligen Thiometallatligen^[7]. Diese kurzen Abstände in den viergliedrigen Ringsystemen $\text{M}'\text{S}_2\text{M}'$ mit stark unterschiedlichen formalen Wertigkeiten von M und M' sind für die besonderen elektronischen Eigenschaften dieser Systeme verantwortlich, die von uns durch SCCC-Extended-Hückel-Rechnungen an (1) sowie Komplexen des Typs $[\text{M}'(\text{MS}_4)_2]^{n-}$ näher untersucht wurden. Dabei ergaben sich qualitativ folgende Befunde für (1):

Da die Fe-3d-Niveaus bei praktisch gleicher Energie wie die nichtbindenden S-3p-Niveaus der Liganden liegen, wirkt MoS_4^{2-} als starker σ -Donor, zugleich aber auch aufgrund tiefliegender unbesetzter Orbitale als starker π -Acceptor. Bei Komplexbildung wird die Elektronendichte am Fe-Zentrum verringert, am Mo-Zentrum im Vergleich zum freien MoS_4^{2-} erhöht (Elektronendelokalisation $\text{Fe} \rightarrow \text{Mo}$) und bleibt an den terminalen S-Atomen praktisch unverändert. Fe-Mößbauer-Daten beweisen ebenfalls für (1) die starke $\text{Fe} \rightarrow \text{Mo}$ -Elektronendelokalisation, die tetraedrische Koordination des Fe sowie entsprechend dem μ_{eff} -Wert das Vorliegen eines High-Spin-Komplexes. Die $\text{Fe}_m\text{S}_n\text{Mo}$ -Gruppe von FeMo-co (Beweis für das Vorliegen: analytische Zusammensetzung $\text{Mo}:\text{Fe}:\text{S} \approx 1:8:6$ (?)^[4] und Mo-EXAFS-Daten^[6]) sollte aufgrund der katalytischen Eigenschaften des Cofaktors (bzw.

Tabelle 1. Mo-Mehrkernverbindungen und ihre Eigenschaften.

Verbindung und Farbe	Röntgenkristallographische Daten	Physikalische Daten
$\{\text{Cu}_3\text{MoS}_3\text{Cl}\}(\text{PPh}_3)_3\text{O}$ (2): rot	orthorhombisch, $\text{P}2_12_12_1$; $a = 12,839(2)$, $b = 17,553(3)$, $c = 22,761(3) \text{ \AA}$; $Z = 4$; 3016 Reflexe, $R_w = 0,059$; $\text{Mo}-\text{S}_{\text{av}}$: 2,259, $\text{Mo}-\text{O}$: 1,769(10), $\text{Cu}-\text{S}$: 2,277(5)–2,322(5) \AA	IR [a]: $\nu(\text{Mo}-\text{S}) = 444/451$, $\nu(\text{Mo}-\text{O}) = 908$
$(\text{PPh}_3)_3\text{Cu}_2\text{MoS}_4 \cdot 0,8\text{CH}_2\text{Cl}_2$ (3): rot	monoklin, $\text{P}2_1/c$; $a = 18,394(4)$, $b = 16,653(3)$, $c = 17,714(3) \text{ \AA}$, $\beta = 95,53(1)^\circ$; $Z = 4$; 3699 Reflexe, $R_w = 0,070$; $\text{Mo}-\text{S}_{\text{av}}$: 2,208, $\text{Cu}-\text{S}$: 2,212(5)–2,315(6) \AA	IR [a]: $\nu(\text{Mo}-\text{S}) = 465$
$[\text{Ph}_4\text{P}][(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2)(\text{CH}_3)_3\text{N}][\text{Cl}_2\text{FeMoS}_4]$ (4): dunkelrot	triklin, $\text{P}1$; $a = 13,224(5)$, $b = 14,978(2)$, $c = 10,042(2) \text{ \AA}$, $\alpha = 82,07(2)$, $\beta = 81,72(3)$, $\gamma = 74,41(2)^\circ$; $Z = 2$; 5740 Reflexe, $R_w = 0,078$; $\text{Fe}-\text{Mo}$: 2,775 \AA [d]	IR [a]: $\nu(\text{Mo}-\text{S}) = 488/504$, $\nu(\text{Mo}-\text{S})_{\text{br}} = 448$, $\nu(\text{Fe}-\text{Cl}) = 322/332$; VIS [b]: 588, 512, 464, 427; NIR: 1050; ^{57}Fe -Mößbauer [c]: $\text{QS} = 2,100 \pm 0,005$, IS : $(\alpha\text{-Fe}) = 0,480 \pm 0,006$ (293 K); $\mu_{\text{eff}}^{\text{calc}} = 5,0 \mu_B$ (293 K)

[a] Festkörper (KBr), cm^{-1} . [b] Dimethylformamid, nm. [c] mm/s (Prof. Dr. A. Trautwein, Saarbrücken). [d] Trotz Fehlordnung läßt sich der Fe–Mo-Abstand ermitteln.

des Enzyms) ebenfalls eine hohe Elektronendelokalisation und leichte Verschiebbarkeit von Elektronendichte aufweisen (Komplexe des Typs $[M'(MS_4)_2]^{n-}$ existieren auch mit verschiedener Elektronenpopulation!^[8]).

Aus der MO-Rechnung geht hervor, daß an den terminalen S-Atomen wegen der hohen Elektronendichte Additionsreaktionen möglich sein sollten. Daher sollte der MoS_4^{2-} -Ligand wie bei Cu- auch in Fe-Komplexen mehrzählig und mehrfach verbrückend wirken können^[9a]. (1) sollte sich als Ausgangssubstanz zum Aufbau eines Multikern-Fe-Mo-Komplexes verwenden lassen, da aufgrund erster Befunde weiterhin an den Chloroliganden Substitutionsreaktionen durchgeführt werden können und da die Metallatome koordinativ nicht abgesättigt sind (vgl. erste andere Fe-Mo-S-Mehrkernverbindungen^[9]).

Aufgrund der Untersuchungen sind unmittelbare Wechselwirkungen der drei Bio-Metalle Fe, Cu und Mo (MoS_4^{2-}) in biologischen Prozessen wahrscheinlich (neben den bekannten antagonistischen Beziehungen Fe/Cu und Cu/Mo^[2b]).

Arbeitsvorschriften

(2) [und (3)]: Eine wäßrige Lösung (100 ml) von 0.23 g Cs_2MoOS_3 [0.21 g $(NH_4)_2MoS_4$] wird mit einer Lösung von 0.17 g $CuCl_2 \cdot 2H_2O$ und 0.4 g PPh_3 [0.6 g] in 25 ml CH_2Cl_2 extrahiert. Die organische Phase wird abgetrennt, filtriert und mit einer Mischung aus 40 ml *n*-Pentan [50 ml] und 20 ml Aceton [10 ml] überschichtet. Nach 2–3 d scheiden sich rote Kristalle von (2) ab. Ausbeute: ca. 0.1 g [0.15 g rote Plättchen von (3)].

(4): Zur Lösung von 1 g $[(C_6H_5)_4P]_2MoS_4$ in 100 ml CH_3CN wird unter Rühren eine filtrierte Lösung von 0.2 g $FeCl_2 \cdot 4H_2O$ und 0.4 g $[(C_6H_5CH_2)(CH_3)_3N]Cl$ in 50 ml CH_3CN gegeben. Man filtriert und gibt 80 ml Diethylether

(p.a.) hinzu. (4) fällt in dunkelroten Kristallen aus. Ausbeute: 0.55 g.

Eingegangen am 25. April,
ergänzt am 14. Mai 1980 [Z 541]

- [1] W. G. Zumft, Eur. J. Biochem. 91, 345 (1978).
- [2] a) E. J. Underwood: Trace Elements in Human and Animal Nutrition, 4th Ed. Academic Press, New York 1977; b) C. F. Mills, Chem. Br. 15, 512 (1979); Philos. Trans. R. Soc. London B288, 51 (1979) sowie zit. Lit.; persönliche Mitteilung 1980; c) N. J. Clark, S. H. Laurie, J. Inorg. Biochem. 12, 37 (1980).
- [3] F. A. Cotton, G. F. Wilkinson: Advanced Inorganic Chemistry, 4th Ed. Wiley, New York 1980; A. Müller, E. Diemann, Chem. Commun. 1971, 65; E. Diemann, A. Müller, Coord. Chem. Rev. 10, 79 (1973).
- [4] W. E. Newton, B. K. Burgess, E. I. Stiefel in W. E. Newton, S. Otsuka: Molybdenum Chemistry of Biological Significance. Plenum, New York 1980; V. K. Shah, W. J. Brill, Proc. Nat. Acad. Sci. USA 74, 3249 (1977).
- [5] Verbindungen des Typs III und V bilden sich mit Tetrathio- aber nicht mit Trithiomolybdat (wegen des thiophilen Charakters von z. B. Cu). Daher ist es bemerkenswert und auch ein Beweis für die starke Bildungstendenz der Käfigstrukturen II und IV, daß sich Verbindungen dieser Typen mit Trithio- und auch Tetrathiometalaten [A. Müller, H. Bögge, U. Schimanski, J. Chem. Soc. Chem. Commun. 1980, 91; A. Müller, H. Bögge, E. Königer-Ahlborn, ibid. 1978, 739] isolieren lassen. Jedoch konnte eine Verbindung mit einer Typ III entsprechenden Zusammensetzung (mit $Cu^+ / MoOS_3^{3-}$), aber nach vorläufigen Röntgen-Strukturdaten anderer Struktur (Typ VI), erhalten werden. Die Cu/Mo-Verbindungen des Typs IV und V konnten bisher nicht rein isoliert werden, wohl aber die entsprechenden Cu^+ / WOS_3^{3-} (Typ IV)- bzw. Ag^+ / MoS_4^{2-} (Typ V)-Spezies.
- [6] S. P. Cramer, W. O. Gillum, K. O. Hodgson, L. E. Mortensen, E. I. Stiefel, J. R. Chisnell, W. J. Brill, V. K. Shah, J. Am. Chem. Soc. 100, 3814 (1978); T. E. Wolff, J. M. Berg, C. Warrick, K. O. Hodgson, R. H. Holm, R. B. Frankel, ibid. 100, 4630 (1978).
- [7] A. Müller, N. Mohan, H. Bögge, Z. Naturforsch. B 33, 978 (1978).
- [8] A. Müller, R. Jostes, V. Flemming, R. Potthast, Inorg. Chim. Acta 44, L33 (1980).
- [9] a) A. Müller, S. Sarkar, Angew. Chem. 89, 748 (1977); Angew. Chem. Int. Ed. Engl. 16, 705 (1977); Die Verbindung $[Ph_4P]_2[Fe(MoS_4)_2]$ mit polymerem Anion ist wie dort angegeben röntgenamorph und nicht rein; aus IR-Daten folgt aber, daß alle S-Atome des Liganden an Fe-Zentren koordiniert sind. – b) vgl. zit. Lit. bei [6]; c) D. Coucouvanis, E. D. Simhon, D. Svenson, N. C. Baenzinger, J. Chem. Soc. Chem. Commun. 1979, 361.

NEUE BÜCHER

Handbook of Liquid Crystals. Von H. Kelker und R. Hatz. Verlag Chemie, Weinheim 1980. XVIII, 917 S., geb. DM 420.00.

Das Gebiet der flüssigen Kristalle hat in den vergangenen Jahren eine stürmische Entwicklung erlebt, die noch keineswegs abgeschlossen ist. Vor allem ihre einzigartigen elektrooptischen Eigenschaften sind es, die den flüssigen Kristallen besonderes Interesse in Forschung und Technik verschafft haben. Nachdem flüssigkristalline Materialien mit großem Mesophasenbereich und geeigneten elektrooptischen Parametern entwickelt worden sind, haben die flüssigen Kristalle ein weites Anwendungsgebiet in elektronischen Anzeigen für Uhren, Rechner und Meßgeräte gefunden und werden demnächst auch bei der Kraftfahrzeug-Instrumentierung angewendet werden.

Diese Entwicklung wird von einer riesigen Flut von Publikationen begleitet, die selbst für den Fachmann nicht mehr überschaubar ist. In dieser Situation kommt das vorliegende Buch als wertvolles Hilfsmittel gerade zur rechten Zeit. Es unterscheidet sich insofern von den bisher erschienenen Monographien, als es bewußt keine lehrbuchartige Einführung

gibt, sondern das Gebiet so vollständig wie möglich zu überdecken versucht. Daher liegt die Betonung mehr auf der Gesamtdarstellung als auf Details.

Ein besonderes Anliegen der Autoren war die Erfassung der Literatur. Mit über 8000 Zitaten hat das Buch hohen Informationswert, vor allem auch deshalb, weil die Titel der Publikationen mit aufgenommen wurden. Dieser Teil ist mit 266 Seiten bei weitem der umfangreichste Abschnitt des Buches. Die Literatur ist bis einschließlich 1976 praktisch vollständig erfaßt; darüber hinaus wird der größte Teil der 1977 erschienenen Arbeiten zitiert.

Weitere Schwerpunkte des Buches sind: Das 2. Kapitel „Chemical Constitution“ mit einer ausführlichen (44 Seiten) „Table of Mesogens“, das 4. Kapitel „Behavior in Magnetic and Electric Fields“, das 6. und 7. Kapitel über „Optical Properties“ (aufgeteilt in optisch inaktive und optisch aktive Mesophasen) und schließlich das (von C. Schumann geschriebene) 10. Kapitel „Nuclear Magnetic Resonance and Electrons Spin Resonance Studies“. Demgegenüber ist Kapitel 14 „Technical Applications“ mit nur 24 Seiten recht knapp.