

Abb. 1. Molekülstruktur von **2a** mit zwei Ansichten des Kations. Das  $\text{BF}_3^{\bullet}$ -Ion ist fehlgeordnet. Bindungslängen in Å, Bindungswinkel in °.

durch intramolekulare sterische Hinderung im all-*cis*-System O1 bis H9 bedingt und ist möglicherweise einer der Hauptgründe für die hohe Reaktivität der Verbindungen **2**. Die außerordentlich hohe Carbonylfrequenz von **2a** bei  $\tilde{\nu} = 1860 \text{ cm}^{-1}$  erklärt sich zwanglos durch den extrem kurzen C=O-Abstand. Dies gilt auch für den Befund, daß die C=O-Funktion im Kristall kein Protonenacceptor ist, sondern daß stattdessen eine N—H···F-Brücke zwischen Kation und Anion vorliegt.

#### Arbeitsvorschrift

10 mmol **1a-d** werden in 75 mL Ether gelöst. Die Lösung wird auf 0°C abgekühlt, und unter Röhren werden 10 mL  $\text{HBF}_4$  (50 Gew.-% in Wasser) im Verlauf von 5 min zugetropft. Die kristallinen Produkte **2a-d** werden abfiltriert, zweimal mit je 40 mL Ether gewaschen und im Vakuum getrocknet ( $30^\circ\text{C}/4 \cdot 10^{-1} \text{ Pa}$ ). **2c** kristallisiert erst beim Abkühlen auf  $-40^\circ\text{C}$ . **2a-d** ergeben korrekte Elementaranalysen.

<sup>1</sup>H-NMR ( $\text{D}_6$ /Aceton, TMS): **2a**:  $\delta = 1.90$  (s, 6 H,  $\text{CH}_3$ ); 4.5–6.5 (1 H, NH); 7.37–8.10 (m, 5 H, aromat. H). – **2b**:  $\delta = 1.90$  (s, 6 H,  $\text{CH}_3$ ); 5.00–7.10 (1 H, NH); 7.60–8.26 (AA'BB'-System, 4 H, aromat. H). – **2c**:  $\delta = 2.03$  (s, 6 H,  $\text{CH}_3$ ); 5.10–7.10 (1 H, NH); 7.60–8.39 (m, 4 H, aromat. H). – **2d**:  $\delta = 1.89$  (s, 6 H,  $\text{CH}_3$ ); 4.00 (s, 3 H,  $\text{OCH}_3$ ); 4.5–6.5 (1 H, NH); 7.13–8.40 (AA'BB'-System, 4 H, aromat. H).

Eingegangen am 25. Juli,  
veränderte Fassung am 8. September 1986 [Z 1876]

CAS-Registry-Nummern:

**1a**: 18440-33-0 / **1b**: 28359-16-2 / **1c**: 105122-05-2 / **1d**: 105122-06-3 / **2a**: 105122-08-5 / **2b**: 105122-10-9 / **2c**: 105122-12-1 / **2d**: 105122-14-3.

[1] H. B. Bürgi, *Inorg. Chem.* **12** (1973) 2321.

[2] H. B. Bürgi, J. D. Dunietz, E. Shefter, *Acta Crystallogr. B* **30** (1974) 1517.

[3] J. G. Schantl, P. Hebeisen, L. Minach, *Synthesis* **1984**, 315.

[4] Kristallographische Daten: Monoklin  $P_{2_1}/n$ ,  $a = 7.368(1)$ ,  $b = 15.832(3)$ ,  $c = 10.789(3)$  Å,  $\beta = 92.86(2)^\circ$ ;  $V = 1257.0$  Å<sup>3</sup>,  $Z = 4$ ,  $\rho_{\text{ber.}} = 1.464$  g cm<sup>-3</sup>,

$\rho_{\text{gef.}} = 1.45$  g cm<sup>-3</sup>. CAD4, MoK $\alpha$ , Graphitmonochromator, 1246 unabhängige Reflexe ( $I > 2\sigma(I)$ ),  $0^\circ < \theta < 25^\circ$ ,  $\omega/2\theta$ -Abtastung, Direkte Methoden,  $R_w = 0.057$ . Weitere Einzelheiten zur Kristallstrukturuntersuchung können beim Fachinformationszentrum Energie, Physik, Mathematik GmbH, D-7514 Eggenstein-Leopoldshafen 2, unter Angabe der Hinterlegungsnummer CSD-51862, der Autoren und des Zeitschriftenzitats angefordert werden.

[5] H. Schildknecht, G. Hatzmann, *Angew. Chem.* **80** (1968) 287; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **7** (1968) 293.

[6] J. G. Schantl, *Monatsh. Chem.* **105** (1974) 427.

[7] J. G. Schantl, H. Gstach, *Monatsh. Chem.* **116** (1985) 1051.

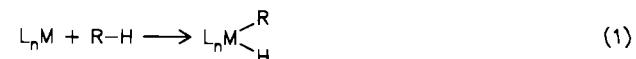
[8] H. Schildknecht, G. Hatzmann, *Angew. Chem.* **81** (1969) 469; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **8** (1969) 456.

[9] O. Tsuge, S. Kanemasu, *J. Org. Chem.* **38** (1973) 2972.

#### Thermisch induzierte C-H-Aktivierung mit einem 14-Elektronen-Komplex: Synthese und Molekülstruktur von $[\text{IrHCl}(\text{C}_6\text{H}_5)(\text{PiPr}_3)_2]^*$

Von Helmut Werner\*, Arthur Höhn und Michael Dziallas

Die hauptsächlich in den letzten Jahren bekannt gewordenen Methoden zur intermolekularen C-H-Aktivierung aliphatischer oder aromatischer Kohlenwasserstoffe erfordern praktisch ausnahmslos ein energiereiches (d. h. sehr reaktives und somit kurzlebiges) Metall-Ligand-Fragment<sup>[1]</sup>. Ein solches Teilchen kann durch Photolyse (z. B. durch Abspaltung von  $\text{H}_2$  oder CO aus einem stabilen Vorfänger), durch Reaktion „heißen“ Metallatome mit entsprechenden Liganden in einer Matrix oder durch Reduktion (meist mit einem starken Reduktionsmittel) erzeugt werden. Über *thermisch*, bei nicht zu hoher Temperatur verlaufende Reaktionen gemäß Gl. (1) unter Verwendung *stabiler* Metallverbindungen  $[\text{ML}_n]$  ist nur wenig bekannt<sup>[2]</sup>.

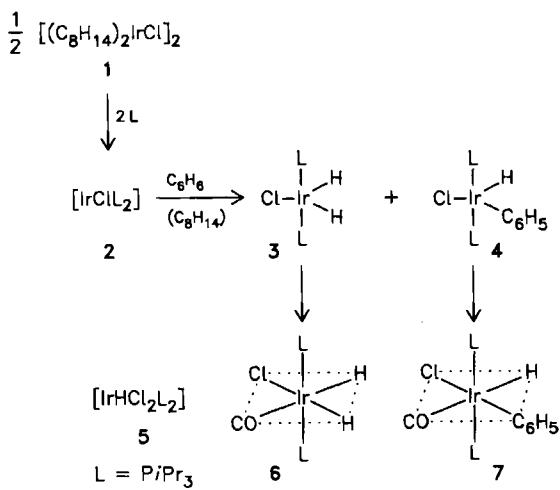


Wir konnten kürzlich zeigen<sup>[3]</sup>, daß der aus **1** und Triisopropylphosphan in situ gebildete 14-Elektronen-Komplex **2**<sup>[4]</sup> bei Raumtemperatur mit  $\text{H}_2$  zu **3** und mit  $\text{HCl}$  zu **5** reagiert. Mit Benzol tritt unter diesen Bedingungen keine Umsetzung ein. Wie wir nun fanden, ist dies jedoch bei höherer Temperatur der Fall: Erwärmt man die aus **1** und  $\text{PiPr}_3$  (Molverhältnis  $\approx 1:4$ ) erhältene Benzol-Lösung auf 80°C, so entsteht ein Produktgemisch von **3** und der Hydrido(phenyl)-Verbindung **4** im Verhältnis von ca. 1:2 (Schema 1)<sup>[5a]</sup>. Eine Trennung gelingt durch mehrfache fraktionierende Kristallisation, ist jedoch einfacher zu erreichen, wenn das Gemisch von **3** und **4** mit CO zu den oktaedrischen Komplexen **6** und **7** umgesetzt wird. Diese Verbindungen lassen sich sehr leicht trennen<sup>[5b]</sup>. **6** wurde schon früher durch Reaktion von **8** mit  $\text{H}_2$  erzeugt (jedoch nicht isoliert) und hinsichtlich seiner katalytischen Fähigkeiten untersucht<sup>[6]</sup>. Ein Analogon von **7** mit der Zusammensetzung **9** (allerdings mit *cis*-ständigen Hydrid- und CO-Liganden) ist ebenfalls bekannt, jedoch auf einem gänzlich anderen Weg (durch oxidative Addition von  $\text{HBr}$  an **10**) synthetisiert worden<sup>[7]</sup>.

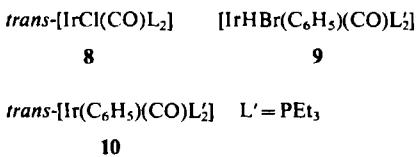
Der Bildungsweg von **3** aus **1**,  $\text{PiPr}_3$  und  $\text{C}_6\text{H}_6$  (Schema 1) ist noch nicht endgültig geklärt. **4** ist *keine* Vorstufe von

[\*] Prof. Dr. H. Werner, Dipl.-Chem. A. Höhn, Dipl.-Chem. M. Dziallas  
Institut für Anorganische Chemie der Universität  
Am Hubland, D-8700 Würzburg

[\*\*] Diese Arbeit wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft und dem Fonds der Chemischen Industrie gefördert.



**Schema 1.**  $C_8H_{14}$  = Cycloocten.



3, da der Hydrido(phenyl)-Komplex 4 sich auch nach mehrstündigem Erwärmen einer Lösung in Benzol unter Rückfluß unverändert zurückgewinnen läßt. Auch Benzol scheidet als Quelle für die Hydridliganden von 3 aus, denn in  $C_6D_6$  als Solvens entsteht neben  $[IrDC(C_6D_5)L_2]$  (Charakterisierung durch IR- und Massenspektrum) wiederum 3 und nicht  $[IrD_2ClL_2]$ . Wir vermuten, daß das bei der Einwirkung von  $PiPr_3$  auf 1 freiwerdende Cycloocten als  $H_2$ -Überträger fungiert, was aufgrund neuerer Arbeiten von *Crabtree et al.*<sup>(8)</sup> plausibel erscheint.

Die spektroskopischen Daten von 4, 6 und 7<sup>(9)</sup> bestätigen die Strukturvorstellungen in Schema 1. Charakteristisch für das <sup>1</sup>H-NMR-Spektrum von 6 sind zwei Hydridsignale bei stark unterschiedlicher chemischer Verschiebung, was auf den verschiedenen starken *trans*-Einfluß der Liganden Cl und CO hinweist. Die Lage des Hydridsignals von 7 spricht aufgrund des Vergleiches mit den Daten von 6 für eine *trans*-Stellung von H zu Co.

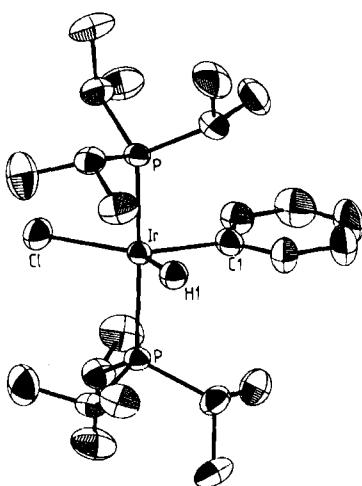
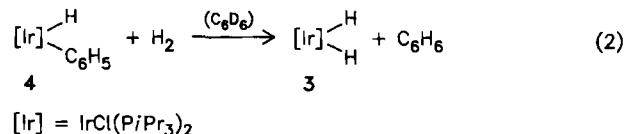


Abb. 1. Struktur von 4 im Kristall. 4 weist eine Spiegelebene durch Ir, Cl und Cl-C6 auf. Ausgewählte Bindungslängen [pm] und -winkel [ $^{\circ}$ ]: Ir-P 233.4(1), Ir-Cl 241.2(1), Ir-H1 144, Ir-Cl 201.0(5); P-Ir-P 168.1(3), P-Ir-Cl 91.4(1), P-Ir-H1 85.5, P-Ir-C1 93.0(1), Cl-Ir-Cl 136.1(1), Cl-Ir-H1 146.1, C1-H1 77.9.

Abbildung 1 zeigt das Ergebnis der Röntgen-Strukturanalyse von 4<sup>110</sup>. Das Metall ist trigonal-bipyramidal koordiniert mit den Phosphan-Liganden in axialer Position. Die Anordnung P-Ir-P ist nicht ganz linear (Winkel 168.1(3)°), was vermutlich auf sterische Wechselwirkungen der Isopropylreste mit der Phenylgruppe zurückzuführen ist. Die Winkel in der Basisfläche der Pyramide weichen stark von 120° ab. Bemerkenswert ist vor allem der relativ kleine Winkel C1-Ir-H1 von 77.9°, der möglicherweise auf eine noch vorhandene (schwache) Wechselwirkung zwischen C1 und H1 hinweist. Diese Wechselwirkung könnte auch die Ursache dafür sein, daß die Bindung Ir-C1 in Lösung bei Raumtemperatur nicht frei drehbar ist, wie das Auftreten von sechs Signalen im <sup>13</sup>C-NMR-Spektrum für die sechs C-Atome des Phenylrings anzeigen<sup>19</sup>.

Der Hydrido(phenyl)-Komplex **4** reagiert mit H<sub>2</sub> in C<sub>6</sub>D<sub>6</sub> bei Raumtemperatur in Sekundenschwelle zu **3** [Gl. (2)]. Der rasche Verlauf dieses Vorgangs ist wahrscheinlich damit zu erklären, daß an das Metallzentrum des koordi-



nativ ungesättigten 16-Elektronen-Komplexes **4** ein Molekül Wasserstoff oxidativ addiert werden kann und die dabei gebildete Zwischenstufe  $[\text{IrH}_3(\text{C}_6\text{H}_5)\text{ClL}_2]$  (ein Derivat von  $[\text{IrH}_3\text{L}_2]^{11+}$ ) bevorzugt  $\text{C}_6\text{H}_6$  (und nicht  $\text{H}_2$ ) abspaltet. Die quadratisch-planaren Verbindungen *trans*- $[\text{IrR}(\text{CO})(\text{PPh}_3)_2]$  reagieren mit  $\text{H}_2$  ebenfalls unter Spaltung der Ir–R-Bindung und Bildung von  $\text{RH}^{12+}$ .

Eingegangen am 25. Juli,  
veränderte Fassung am 29. September 1986 [Z 1877]

- [1] Zusammenfassende Literatur: A. H. Janowicz, R. A. Periana, J. M. Buchanan, C. A. Kovac, J. M. Stryker, M. J. Wax, R. G. Bergman, *Pure Appl. Chem.* 56 (1984) 13; W. D. Jones, F. J. Feher, *J. Am. Chem. Soc.* 106 (1984) 1650; M. L. H. Green, D. O'Hare, *Pure Appl. Chem.* 57 (1985) 1897; J. Halpern, *Inorg. Chim. Acta* 100 (1985) 41; R. H. Crabtree, *Chem. Rev.* 85 (1985) 245; I. P. Rothwell, *Polyhedron* 4 (1985) 77.

[2] Soeben publiziertes Beispiel: P. J. Desrosiers, R. S. Shinomoto, T. C. Flood, *J. Am. Chem. Soc.* 108 (1986) 1346.

[3] H. Werner, J. Wolf, A. Höhn, *J. Organomet. Chem.* 287 (1985) 395.

[4] R. Meij, D. J. Stukens, K. Vrieze, W. van Gerresheim, C. H. Stam, *J. Organomet. Chem.* 164 (1979) 353.

[5] Arbeitsvorschriften: a) Eine Suspension von 200 mg (0.22 mmol) 1 in 20 mL Benzol wird bei 25°C unter Rühren mit 160 mg (1.00 mmol)  $\text{PiPr}_3$  versetzt und 90 min auf 80°C erhitzt. Nach Abziehen des Lösungsmittels und mehrfacher fraktionierender Kristallisation aus Pentan (25 bis -78°C) erhält man 4 als schwerer lösliche Komponente (orangerote Kristalle,  $F_p = 112^\circ\text{C}$  (Zers.), Ausbeute 58%, korrekte Elementaranalyse) und 3 [3] als besser lösliche Komponente (Ausbeute 29%). - b) Durch eine Pentan-Lösung des Gemisches von 3 und 4 wird einige Sekunden ein langsamer CO-Strom geleitet. Es fällt ein flockiger, hellgelber Niederschlag aus, der abfiltriert, getrocknet und mit kaltem Methanol gewaschen wird. Nach Eingehen der Methanol-Lösung und Abkühlen auf -78°C entstehen gelbe, wenig luftempfindliche Kristalle von 6,  $F_p = 185^\circ\text{C}$  (Zers.). Auf der Fritte verbleibt 7 als blaßgelbes, mikrokristallines Pulver,  $F_p = 187^\circ\text{C}$  (Zers.). Ausbeute quantitativ, korrekte Elementaranalyse.

[6] W. Strohmeier, F. J. Müller, *Z. Naturforsch. B* 24 (1969) 770; W. Strohmeier, R. Fleischmann, T. Onoda, *J. Organomet. Chem.* 28 (1971) 281; W. Strohmeier, M. Lukacs, *ibid.* 133 (1977) C47.

[7] a) L. Dahlenburg, R. Nast, *J. Organomet. Chem.* 110 (1976) 395; b) U. Behrens, L. Dahlenburg, *ibid.* 116 (1976) 103.

[8] R. H. Crabtree, C. P. Parnell, *Organometallics* 4 (1985) 519, zit. Lit.

- [9] 4:  $M_r = 626$  (MS); IR (KBr):  $\bar{\nu}$ (IrH) = 2273,  $\bar{\nu}$ (C=C) = 1568 cm<sup>-1</sup>; <sup>1</sup>H-NMR ( $C_6D_6$ , 400 MHz):  $\delta$  = 7.30 und 6.83 (jeweils m,  $C_6H_5$ ), 2.53 (m, PCH), 1.19 (dvt,  $J_{HH} = 7.1$ ,  $N = 13.3$  Hz, PCHCH<sub>3</sub>), 1.06 (dvt,  $J_{HH} = 6.7$ ,  $N = 13.3$  Hz, PCHCH<sub>3</sub>) [2 Signale durch Diastereotopie], -32.23 (t,  $J_{PH} = 12.5$  Hz, IrH); <sup>31</sup>P-NMR ( $C_6D_6$ , 90 MHz):  $\delta$  = 28.84 (s, d bei selektiver Entkopplung der nicht-hydridischen Protonen); <sup>13</sup>C-NMR ( $C_6D_6$ , 400 MHz):  $\delta$  = 19.56 und 20.02 (s, PCHCH<sub>3</sub>, 2 Signale durch Diastereotopie), 24.27 (vt,  $N = 27.8$  Hz, PCH), 117.72 (s, ipso-C von  $C_6H_5$ ), 121.08, 124.89, 128.85, 136.70, 147.17 (jeweils s, 5C von  $C_6H_5$ ; d in off-resonance). - 6:  $M_r = 578$  (MS); IR (KBr):  $\bar{\nu}$ (IrH, trans zu CO) = 2205,  $\bar{\nu}$ (IrH, trans zu CO) = 2097,  $\bar{\nu}$ (CO) = 1965 cm<sup>-1</sup>; <sup>1</sup>H-NMR ( $C_6D_6$ , 60 MHz):  $\delta$  = 3.37 (m, PCH), 1.30 (dvt,  $J_{HH} = 7.2$ ,  $N = 14.0$  Hz, PCHCH<sub>3</sub>), 1.25 (dvt,  $J_{HH} = 7.0$ ,  $N = 14.1$  Hz, PCHCH<sub>3</sub>) [2 Signale durch Diastereotopie], -8.64 (dt,  $J_{PH} = 17.5$ ,  $J_{HH} = 5.5$  Hz, IrH trans zu CO), -20.20 (dt,  $J_{PH} = 13.2$ ,  $J_{HH} = 5.5$  Hz, IrH trans zu CO); <sup>31</sup>P-NMR ( $C_6D_6$ , 90 MHz):  $\delta$  = 32.91 (s, t bei selektiver Entkopplung der nicht-hydridischen Protonen). - 7:  $M_r = 654$  (MS); IR (KBr):  $\bar{\nu}$ (IrH) = 2140,  $\bar{\nu}$ (CO) = 1957 cm<sup>-1</sup>; <sup>1</sup>H-NMR ( $C_6D_6$ , 400 MHz):  $\delta$  = 7.74 und 6.81 (jeweils m,  $C_6H_5$ ), 2.30 (m, PCH), 1.20 (dvt,  $J_{HH} = 7.1$ ,  $N = 14.0$  Hz, PCHCH<sub>3</sub>), 1.14 (dvt,  $J_{HH} = 7.0$ ,  $N = 13.8$  Hz, PCHCH<sub>3</sub>) [2 Signale durch Diastereotopie], -7.29 (t,  $J_{PH} = 17.5$  Hz, IrH); <sup>31</sup>P-NMR ( $C_6D_6$ , 90 MHz):  $\delta$  = 13.36 (s, d bei selektiver Entkopplung der nichthydridischen Protonen).
- [10] Orthorhomatisch, Raumgruppe  $Pbnm$ ,  $Z=4$ ;  $a=974.0(2)$ ,  $b=1352.4(2)$ ,  $c=2078.9(3)$  pm,  $V=2738.5 \cdot 10^6$  pm<sup>3</sup>;  $\rho_{\text{ber.}} = 1.52$  g/cm<sup>3</sup>;  $5^\circ < 2\theta < 51^\circ$  ( $\text{Mo}_K\lambda = 71.069$  pm,  $\omega$ -scan); 2619 unabhängige Reflexe, Lorentz- und Polarisationskorrektur, Patterson-Methode (Syntex XTL), Lage der Wasserstoffatome zum Teil aus Differenz-Fourier-Synthesen, zum Teil berechnet; Position von H1 nicht verfeinert;  $R_1 = 0.024$ ,  $R_2 = 0.029$  für 2400 Strukturfaktoren ( $F_0 > 3.92\sigma(F_0)$ ). Weitere Einzelheiten zur Kristallstrukturuntersuchung können beim Fachinformationszentrum Energie, Physik, Mathematik GmbH, D-7514 Eggenstein-Leopoldshafen 2, unter Angabe der Hinterlegungsnummer CSD-52121, der Autoren und des Zeitschriftenzitats angefordert werden.
- [11] L. Garlaschelli, S. I. Khan, R. Bau, T. Koetzle, *J. Am. Chem. Soc.* 107 (1985) 7212.
- [12] L. Dahlenburg, F. Mirzaei, B. Pietsch, *Inorg. Chim. Acta* 97 (1985) L5.

## Herstellung ultradünner Schichten mit molekular kontrolliertem Aufbau aus polymeren Phthalocyaninen mit der Langmuir-Blodgett-Technik\*\*

Von Ernst Orthmann und Gerhard Wegner\*

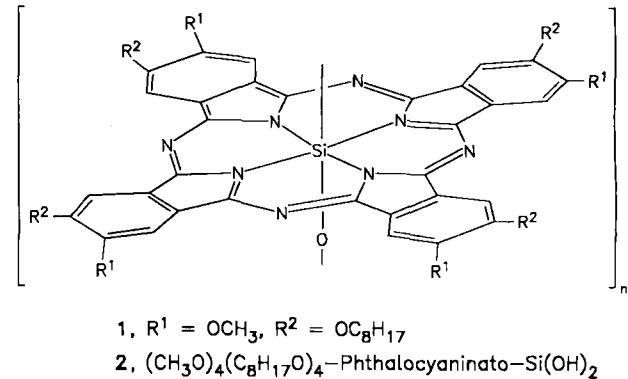
Die Langmuir-Blodgett(LB)-Technik ermöglicht die Präparation von Schichtsystemen, die aus einer vorgebbaren Abfolge von Einzelschichten aus jeweils einer Moleküllage bestehen<sup>[1]</sup>. Hierzu wird eine in der Regel amphiphile Verbindung – gelöst in einem organischen Lösungsmittel – auf die Wasseroberfläche einer Langmuir-Filmwaage gespreitet. Es bildet sich ein Oberflächenfilm, der mit der beweglichen Barriere der Filmwaage soweit komprimiert werden kann, daß eine definierte, festanaloge Schicht aus nur einer Moleküllage entsteht. Diese Schicht wird sodann durch wiederholtes Ein- und Austauchen eines Trägers (Substrats) bei konstantem Oberflächendruck auf diesen Träger übertragen. Die Zahl der Tauchvorgänge bestimmt die Zahl der auf den Träger abgelegten Schichten. Jede Einzelschicht besteht aus Domänen, die insgesamt der Schicht eine unaxiale Textur aufprägen<sup>[2]</sup>. Größe und Ausrichtung der Domänen lassen sich nur schwer kontrollieren. Daher gelang es bisher nicht, die Orientierung der Einzelmoleküle oder Kristallachsen der Domänen in der Einzelschicht, bezogen auf ein äußeres Referenzsystem, exakt einzustellen. Dies ist ein limitierender Faktor für viele in Aussicht genommene Anwendungen dieser Systeme als optische oder elektrooptische Komponenten<sup>[3]</sup>.

[\*] Prof. Dr. G. Wegner, Dr. E. Orthmann  
Max-Planck-Institut für Polymerforschung  
Jakob-Welder-Weg 11, D-6500 Mainz

[\*\*] Diese Arbeit wurde vom Bundesministerium für Forschung und Technologie im Rahmen des Projektes „Ultradünnen Schichten“ gefördert.

Wir haben nun eine neue Verbindungsklasse gefunden, aus der sich homogen aufgebauten Einzelschichten auf dem Substrat erzeugen lassen. Die Molekülorientierung wird bei der Übertragung auf das Substrat durch die Tauchrichtung eindeutig festgelegt.

Es handelt sich um unsymmetrisch substituierte polymere Phthalocyaninatosiloxane, für die das Tetramethoxytetraoctyloxy-Derivat **1** das bisher beste Beispiel ist. Das Polymer **1** entsteht aus dem substituierten Phthalocyaninatosiliciumhydroxid **2** durch FeCl<sub>3</sub>-katalysierte Kondensation<sup>[4]</sup>. Das Monomer **2** ist ein Gemisch der vier Stellungsisomere, die sich bei der Cyclisierung von 5-Methoxy-6-octyloxy-1,3-isoindoldiimin zum Phthalocyanin und dessen Umsetzung zum Silicium-Derivat bilden<sup>[4,5]</sup>.



Sowohl das Monomer **2** als auch das Polymer **1** (Polymerisationsgrad  $\bar{P}_n = 15$ ) sind in Chloroform gut löslich (Löslichkeit ca. 12 gL<sup>-1</sup> bei 20°C). Aus diesen Lösungen lassen sich **1** und **2** auf die Wasseroberfläche spreiten. Abbildung 1 zeigt die Schub-Flächen-Isothermen gemessen mit einer Lauda-Filmwaage. Während das Monomer **2** keine scharfen Phasenübergänge erkennen läßt, zeigt das Polymer **1** das Vorliegen einer festanalogen Phase mit einem Flächenbedarf pro Monomereinheit von 0.67 nm<sup>2</sup>. Dieser Wert entspricht der Querschnittsfläche der Wiederholungseinheit des Polymers, wie sie sich aus röntgenographischen und elektronenmikroskopischen Untersuchungen der Multischichten ergibt. Man findet 0.34 nm für den Abstand zweier Wiederholungseinheiten entlang der Kette und 1.96 nm für den mittleren Abstand zwischen benachbarten Schichten und Ketten.

Bei konstantem Druck (20 mN/m) können Multischichten des Polymers auf hydrophobe Träger aufgebracht werden. Geeignet sind z. B. hydrophobisiertes Glas, Folien aus

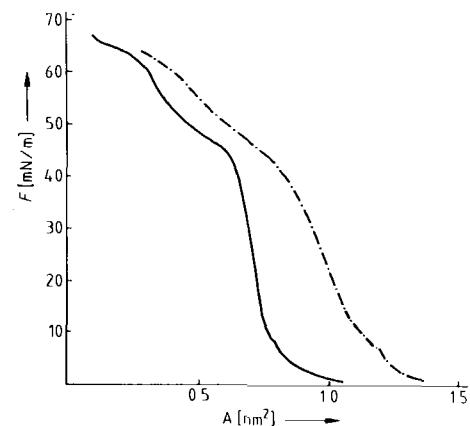


Abb. 1. Schub-Flächen-Isotherme des Monomers **2** (---) und des Polymers **1** (—) bei 3°C.