

- Trans. 1977, 1328; M. Akiyama, M. H. Chisholm, F. A. Cotton, M. W. Extine, D. A. Haitko, J. Leonelli, D. Little, *J. Am. Chem. Soc.* 103 (1981) 779.
- [2] W. J. Bailey Jr., M. H. Chisholm, F. A. Cotton, L. A. Rankel, *J. Am. Chem. Soc.* 100 (1978) 5764.
- [3] M. L. H. Green, W. E. Lindsell, *J. Chem. Soc. A* 1967, 686; D. R. Tyler, *Inorg. Chem.* 20 (1981) 2257.
- [4] H. G. Alt, M. E. Eichner, *Angew. Chem.* 94 (1982) 77; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* 21 (1982) 78.

## Photochemische oxidative Addition von Chlor aus Chloroform an 2,2'-Bipyridyldichloroplatin(II)\*\*

Von Arnd Vogler\* und Horst Kunkely

Der Mechanismus lichtinduzierter Mehrelektronenübertragungen wurde wenig untersucht. Solche Reaktionen finden im Zusammenhang mit der Photosynthese oder der photochemischen Wasserspaltung zunehmendes Interesse. Besonders wichtige Zweielektronen-Redoxreaktionen von Komplexen sind die reduktiven Eliminierungen und oxidativen Additionen. Einige lichtinduzierte reduktive Eliminierungen wurden eingehend untersucht<sup>[1a]</sup>. Auch eine Reihe photolytischer oxidativer Additionen ist bekannt<sup>[1b]</sup>. Aber in allen Fällen scheint der photochemische Primärschritt in der Abspaltung eines Liganden zu bestehen. Die oxidative Addition ist dann im engeren Sinne keine photochemische Reaktion; sie findet vielmehr erst anschließend am koordinativ ungesättigten, reaktiven Metallkomplex als thermische Reaktion statt. Wir berichten erstmals über eine oxidative Addition im photochemischen Primärschritt.

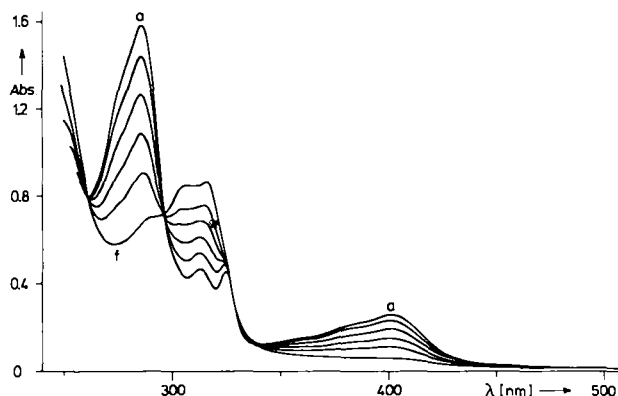
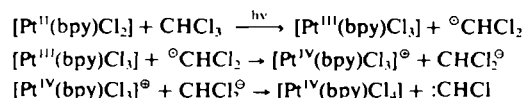


Fig. 1. Veränderung des Absorptionsspektrums während der Photolyse von  $[\text{Pt}(\text{bpy})\text{Cl}_2]$  ( $8.78 \cdot 10^{-5}$  mol/L) in  $\text{CHCl}_3$  in einer 1 cm-Küvette, Anregungslicht:  $\lambda > 280$  nm, Bestrahlungsdauer: a = 0, f = 10 min.

Die Bestrahlung von  $[\text{Pt}^{\text{II}}(\text{bpy})\text{Cl}_2]$ <sup>[2]</sup> in Acetonitril führt ohne Nebenreaktionen zur Abspaltung von Chlorid-Ionen unter Bildung von  $[\text{Pt}(\text{bpy})(\text{CH}_3\text{CN})\text{Cl}]^\oplus$ ; es genügt Einstrahlung in die langwelligeren Banden des Komplexes ( $\lambda > 320$  nm). Die Reaktion gelingt nicht in Lösungen von Chloroform. Dagegen wird  $[\text{Pt}^{\text{II}}(\text{bpy})\text{Cl}_2]$  glatt zu  $[\text{Pt}^{\text{IV}}(\text{bpy})\text{Cl}_4]$ <sup>[2]</sup> oxidiert, wenn man mit kürzerwelligem

Licht ( $280 < \lambda < 300$  nm) bestrahlt. Die spektralen Änderungen während der Photolyse (Fig. 1) können durch die Oxidation von  $[\text{Pt}(\text{bpy})\text{Cl}_2]$  mit  $\text{Cl}_2$  oder durch die Reduktion von  $[\text{Pt}(\text{bpy})\text{Cl}_4]$  mit  $\text{NaBH}_4$  simuliert werden. Die Quantenausbeute der Photooxidation beträgt  $\phi = 0.06$  bei der Bestrahlung mit  $\lambda = 280$  nm.

Nach diesen Ergebnissen ist es unwahrscheinlich, daß im photochemischen Primärschritt ein koordinativ ungesättigter Komplex durch Abspaltung eines Liganden entsteht. Plausibel erscheint der Mechanismus:



Bei geminalen Dichloriden  $\text{CR}_2\text{Cl}_2$  sind Zweielektronen-Reduktionen gut bekannt<sup>[3]</sup>. Im ersten Schritt wird ein Elektron unter Bildung von  ${}^\oplus\text{CR}_2\text{Cl}$  und  $\text{Cl}^\ominus$  aufgenommen. Die Radikale  ${}^\oplus\text{CR}_2\text{Cl}$  sind starke Oxidationsmittel, die sehr schnell ein weiteres Elektron unter Bildung des Anions  $\text{CR}_2\text{Cl}^\ominus$  addieren können. Diese Reaktionsfolge ist auf alle Fälle dann zu erwarten, wenn geminale Dichloride mit einem Zweielektronen-Reduktionsmittel wie  $\text{Pt}^{\text{II}}$  reagieren. Daher ist anzunehmen, daß die Zwischenprodukte  $[\text{Pt}^{\text{III}}(\text{bpy})\text{Cl}_3]$  und  ${}^\oplus\text{CHCl}_2$  nur eine sehr kurze Lebensdauer haben und rasch ein weiteres Elektron unter Bildung von  $\text{Pt}^{\text{IV}}$  austauschen. Übereinstimmend damit konnten wir keine Radikale während der Photolyse nachweisen. Weder bei 77 K, noch bei Raumtemperatur in Gegenwart von *N*-Benzyliden-*tert*-butylamin-*N*-oxid (*N*-tert-Butylphenylnitron) als „Spintrap“ wurden ESR-Signale registriert.

Im letzten Schritt der oxidativen Addition könnte der koordinativ ungesättigte Komplex  $[\text{Pt}^{\text{IV}}(\text{bpy})\text{Cl}_4]^\oplus$  direkt das Anion  $\text{CHCl}_2^\ominus$  als sechsten Liganden unter Bildung von  $[\text{Pt}^{\text{IV}}(\text{bpy})\text{Cl}_3(\text{CHCl}_2)]$  addieren. Als thermische Reaktionen sind solche oxidativen Additionen von chlorierten Alkanen wie Dichlormethan an  $\text{Pt}^{\text{II}}$ -Komplexe durchaus bekannt<sup>[4]</sup>. In unserem Falle entzieht aber der Komplex dem Anion  $\text{CHCl}_2^\ominus$  ein Chlorid-Ion. Dabei werden  $[\text{Pt}^{\text{IV}}(\text{bpy})\text{Cl}_4]$  als stabiles Endprodukt und Monochlorcarben gebildet. Das Carben reagiert offensichtlich mit einem weiteren Molekül Chloroform unter Einschubung in dessen C—Cl-Bindung, wobei 1,1,2,2-Tetrachlorethan entsteht (gaschromatographisch nachgewiesen). Diese Einschubungsreaktion ist ein bekannter Reaktionstyp<sup>[5]</sup>. Versuche, das Monochlorcarben mit 2,3-Dimethyl-2-buten abzufangen<sup>[5]</sup>, führten zu keinen eindeutigen Ergebnissen. Bei niedrigen Olefinkonzentrationen (ca.  $10^{-3}$  mol/L) reagiert das Carben immer noch bevorzugt mit dem Lösungsmittel. Bei wesentlich höheren Olefinkonzentrationen wird die Löslichkeit des Komplexes zu weit herabgesetzt, und es ergeben sich Komplikationen durch Substitutionsreaktionen.

Eingegangen am 7. Juli 1981 [Z 29]

[\*] Prof. Dr. A. Vogler, Dr. H. Kunkely  
Institut für Anorganische Chemie der Universität  
Universitätsstraße 31, D-8400 Regensburg 2

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

- [1] a) A. Vogler, R. E. Wright, H. Kunkely, *Angew. Chem.* 92 (1980) 745; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* 19 (1980) 717, zit. Lit.; b) G. L. Geoffroy, M. S. Wrighton: *Organometallic Photochemistry*, Academic Press, New York 1979.
- [2] G. T. Morgan, F. H. Burstall, *J. Chem. Soc.* 1934, 965.
- [3] a) A. J. Fry, R. G. Reed, *J. Am. Chem. Soc.* 94 (1972) 8475; b) H. P. Fritz, W. Kornrumpf, *Justus Liebigs Ann. Chem.* 1978, 1416, zit. Lit.
- [4] G. B. Young, G. M. Whitesides, *J. Am. Chem. Soc.* 100 (1978) 5808.
- [5] a) W. Kirmse: *Carbene Chemistry*, Academic Press, New York 1971; b) M. Jones, R. A. Moss: *Carbenes*, Vol. I und II, Wiley, New York 1973 bzw. 1975.