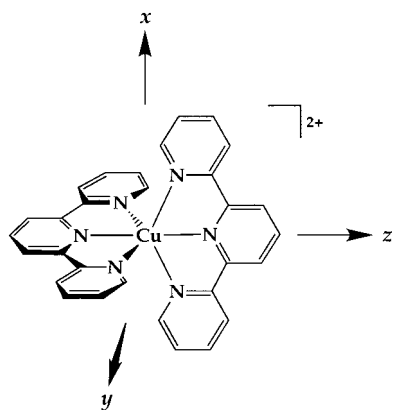


Sterische Kontrolle des elektronischen Grundzustands in Komplexen mit sechsfach koordiniertem Kupfer(II)**

Nayan K. Solanki, Eric J. L. McInnes, Frank E. Mabbs, Sanja Radojevic, Mary McPartlin, Neil Feeder, John E. Davies und Malcolm A. Halcrow*

Obwohl das sechsfach koordinierte Cu^{II}-Ion für den Jahn-Teller-Effekt in der Chemie der d-Orbitale ein Paradebeispiel ist, ist die Zahl der Cu^{II}-Komplexen, die eine axial *gestauchte* oktaedrische oder rhombische Geometrie mit einem {d_{z²}-Grundzustand aufweisen, sehr klein.^[1, 2] Lange Zeit ging man davon aus, daß die Salze [Cu(terpy)₂]X₂ (terpy = 2,2':6',2''-Terpyridyl; X⁻ = NO₃⁻,^[3] PF₆⁻,^[4] Br⁻^[5]) im Festkörper diese Eigenschaft aufweisen,^[1] da dieser Komplex laut kristallographischer Untersuchung bei Raumtemperatur eine entlang der z-Achse des Moleküls gestauchte rhombische Geometrie aufweist (Schema 1), während Pulver-EPR-Spektren bei}

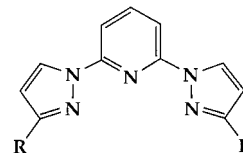


Schema 1. Molekülachsen von [Cu(terpy)₂]²⁺.

Raumtemperatur ein „inverses“ $g_{\perp} > g_{\parallel} > g_e$ -Muster zeigen.^[5] Weitergehende EPR-Untersuchungen haben aber ergeben, daß diese Befunde auf einer dynamisch fehlgeordneten Dehnung entlang der x- und y-Vektoren des Moleküls beruhen. So wird bei niedrigen Temperaturen im Festkörper die Jahn-Teller-Achse von [Cu(terpy)₂]X₂ in der xy-Ebene des Moleküls statisch (ein Beispiel für „Jahn-Teller-Kooperativität“^[2]), und die Tieftemperatur-EPR-Spektren dieses Kom-

plexes zeigen das gängige $g_{\parallel} > g_{\perp} > g_e$ -Muster, das einem {d_{x²-y²}-Grundzustand entspricht.^[5, 6]}

Die Jahn-Teller-Verzerrung von [Cu(terpy)₂]²⁺ hängt davon ab, ob die Cu-N-Abstände entlang der x- und der y-Achse des Moleküls zwischen 2.0–2.3 Å schwanken können oder nicht.^[5] Wir folgerten, daß die Einführung sperriger Substituenten in α-Position zu den „äußeren“ Stickstoffatomen von terpy oder verwandten Tris(imin)-Liganden eine starke Annäherung dieser Donoren an das Metallion verhindern könnte und so zu einer axialen Stauchung am Cu^{II}-Zentrum entlang der z-Achse des Moleküls führen würde. Anstelle von 6,6''-disubstituierten terpy-Derivaten wählten wir die einfach zugänglichen 3,3''-disubstituierten 2,6-Di(pyrazol-1-yl)pyridine (L^R; Schema 2).^[7] Während [M(L^R)₂]²⁺ (M = Ru; R = H) bereits synthetisiert worden ist,^[8] ist bislang über keinen anderen Komplex dieser Stöchiometrie mit anderen Metallionen oder L^R-Liganden berichtet worden.



Schema 2. L^R; R = H, Mes.

Der Ligand L^H wurde nach bekannter Methode hergestellt,^[7] und L^{Mes} (Mes = 2,4,6-Me₃C₆H₂, Mesityl) war ausgehend von 3{5}-Mesitylpyrazol^[9] und 2,6-Dibromopyridin nach der gleichen Synthesestrategie zugänglich. Die Komplexbildung verschiedener Kupfer(II)-Salze mit zwei Äquivalenten L^R in MeNO₂ lieferte nach Umkristallisieren aus Diethylether grüne Feststoffe der Zusammensetzung [Cu(L^R)₂]X₂ (L^R = L^H, L^{Mes}; X⁻ = BF₄⁻, ClO₄⁻). Die UV/Vis-Spektren beider Komplexe sind typisch für sechsfach koordinierte Cu^{II}-Zentren^[10] mit einer Absorptionsbande mit $\epsilon_{\max} \approx 50 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ohne Schulter bei höherer Wellenlänge. Die Energien der Signale der Komplexe in MeCN- und MeNO₂-Lösungen sind in allen untersuchten Fällen gleich, was für eine nur minimale Liganddissoziation in diesen Lösungsmitteln spricht.

Einkristall-Röntgenstrukturen von [Cu(L^H)₂](BF₄)₂ und [Cu(L^{Mes})₂](ClO₄)₂ · 2 CH₃NO₂ wurden bei 223 bzw. 180 K bestimmt. Beide Komplexe zeigen die erwartete gestauchte-rhombische Struktur (Abb. 1 und 2), wobei die unterschiedlichen Cu-N-Abstände kristallographisch kurzen z- (N(1)-Cu-N(4)), mittleren y- (N(2)-Cu-N(3)) und langen x-Achsen (N(5)-Cu-N(6)) am Kupferzentrum zugeordnet werden können. Im Vergleich zur [Cu(L^H)₂]²⁺-Struktur weist das [Cu(L^{Mes})₂]²⁺-Ion eine etwas kürzere z- und eine längere x-Achse sowie einen etwas größeren Bindungswinkel zum Liganden auf.

Alle EPR-Spektren in dieser Arbeit wurden im Q-Band gemessen, die Daten der Simulationen sind in Tabelle 1 zusammengestellt. [Cu(L^H)₂](BF₄)₂ liefert als Pulver bei 293 K ein axiales $g_{\perp} > g_{\parallel} > g_e$ -Muster, das bei Temperaturabsenkung zunehmend rhombischen Charakter erhält. In MeCN bei 115 K liefert dieselbe Verbindung ein typisches {d_{x²-y²}-Spektrum.^[11] Das EPR-Verhalten dieses Komplexes in fester und gelöster Phase erinnert stark an das von [Cu(terpy)₂]²⁺-Salzen.^[2, 5, 6] Die Pulver-EPR-Spektren von [Cu(L^{Mes})₂]X₂ (X⁻ = BF₄⁻, ClO₄⁻) sind kaum voneinander zu unterscheiden und zeigen die anhand der kristallographisch ermittelten Molekülachsen erwartete rhombische Symmetrie (Abb. 3a)}

[*] Dr. M. A. Halcrow,^[+] N. K. Solanki, Dr. N. Feeder, Dr. J. E. Davies
Department of Chemistry, University of Cambridge
Lensfield Road, Cambridge CB2 1EW (Großbritannien)
Fax: (+44) 1223-336362
E-mail: Malcolm.Halcrow@ch.cam.ac.uk

Dr. E. J. L. McInnes, Dr. F. E. Mabbs
EPSRC CW EPR Service
Department of Chemistry, University of Manchester
Oxford Road, Manchester M13 9PL (Großbritannien)
S. Radojevic, Prof. M. McPartlin
School of Applied Chemistry, University of North London
166-220 Holloway Road, London N7 8DB (Großbritannien)

[+] Derzeitige Adresse:
School of Chemistry, University of Leeds
Leeds LS2 9JT (Großbritannien)

[**] Diese Arbeit wurde von der Royal Society (M.A.H.), vom EPSRC (N.K.S., S.R.), von der I.C.I.-Gruppe (N.K.S.), von der University of Cambridge und vom St. Catherine's College gefördert.

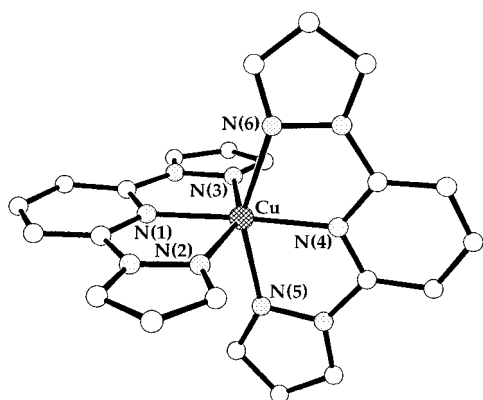


Abb. 1. Blick auf das Dikation von $[\text{Cu}(\text{L}^{\text{H}})_2](\text{BF}_4)_2$. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurden alle Wasserstoffatome weggelassen. Ausgewählte Abstände [Å] und Winkel [°]: Cu-N(1) 1.980(5), Cu-N(2) 2.153(7), Cu-N(3) 2.142(7), Cu-N(4) 2.001(6), Cu-N(5) 2.196(8), Cu-N(6) 2.213(8); N(1)-Cu-N(2) 76.8(2), N(1)-Cu-N(3) 76.7(2), N(1)-Cu-N(4) 176.8(4), N(1)-Cu-N(5) 100.0(3), N(1)-Cu-N(6) 107.3(3), N(2)-Cu-N(3) 153.5(2), N(2)-Cu-N(4) 102.7(2), N(2)-Cu-N(5) 93.6(3), N(2)-Cu-N(6) 95.3(3), N(3)-Cu-N(4) 103.7(2), N(3)-Cu-N(5) 90.2(3), N(3)-Cu-N(6) 93.3(3), N(4)-Cu-N(5) 76.8(3), N(4)-Cu-N(6) 75.9(3), N(5)-Cu-N(6) 152.6(2).

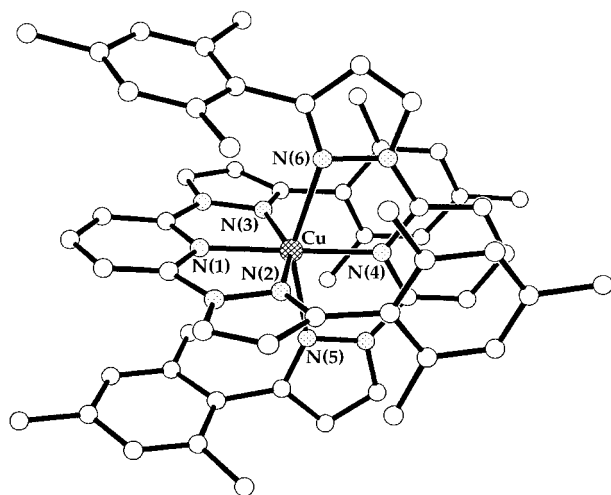


Abb. 2. Blick auf das Dikation von $[\text{Cu}(\text{L}^{\text{Mes}})_2](\text{ClO}_4)_2 \cdot 2\text{CH}_3\text{NO}_2$. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurden alle Wasserstoffatome weggelassen. Ausgewählte Abstände [Å] und Winkel [°]: Cu-N(1) 1.948(6), Cu-N(2) 2.136(6), Cu-N(3) 2.142(6), Cu-N(4) 1.972(6), Cu-N(5) 2.227(6), Cu-N(6) 2.256(6); N(1)-Cu-N(2) 78.3(2), N(1)-Cu-N(3) 78.8(2), N(1)-Cu-N(4) 179.5(2), N(1)-Cu-N(5) 103.9(2), N(1)-Cu-N(6) 102.1(2), N(2)-Cu-N(3) 157.0(2), N(2)-Cu-N(4) 102.0(2), N(2)-Cu-N(5) 92.2(2), N(2)-Cu-N(6) 92.3(2), N(3)-Cu-N(4) 100.9(2), N(3)-Cu-N(5) 95.2(2), N(3)-Cu-N(6) 90.6(2), N(4)-Cu-N(5) 76.5(2), N(4)-Cu-N(6) 77.5(2), N(5)-Cu-N(6) 154.0(2).

Tabelle 1. Ausgewählte Q -Band-EPR-Parameter von $[\text{Cu}(\text{L}^{\text{H}})_2](\text{BF}_4)_2$ und $[\text{Cu}(\text{L}^{\text{Mes}})_2](\text{ClO}_4)_2$.

	T [K]	g_1	g_2	g_3	$A_1^{\text{[a]}}$	$A_2^{\text{[a]}}$	$A_3^{\text{[a]}}$
$[\text{Cu}(\text{L}^{\text{H}})_2](\text{BF}_4)_2$ (Pulver)	290	2.190	2.042	–	–	–	–
$[\text{Cu}(\text{L}^{\text{H}})_2](\text{BF}_4)_2$ (Pulver)	115	2.223	2.162	2.042	–	–	–
$[\text{Cu}(\text{L}^{\text{H}})_2](\text{BF}_4)_2$ (in Lösung) ^[b]	115	2.279	2.096	2.053	156	–	–
$[\text{Cu}(\text{L}^{\text{Mes}})_2](\text{ClO}_4)_2$ (Pulver)	290	2.237	2.157	2.017	104	–	94
$[\text{Cu}(\text{L}^{\text{Mes}})_2](\text{ClO}_4)_2$ (Pulver)	115	2.248	2.145	2.015	110	–	94
$[\text{Cu}(\text{L}^{\text{Mes}})_2](\text{ClO}_4)_2$ (in Lösung) ^[b]	115	2.200	2.007	–	77	–	97

[a] $^{63,65}\text{Cu}$ -Hyperfeinkopplungskonstanten [10^{-4}cm^{-1}]. [b] Spektrum in MeCN/Toluol (10/1).

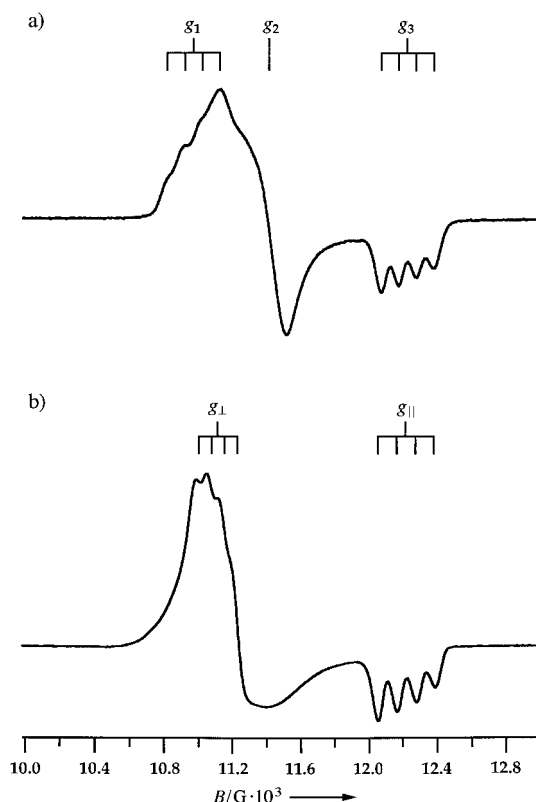


Abb. 3. Q -Band-EPR-Spektren von $[\text{Cu}(\text{L}^{\text{Mes}})_2](\text{ClO}_4)_2$ als Pulver bei 290 K (a) und in MeCN/Toluol (10/1) bei 115 K (b).

mit nur geringen Änderungen bei Temperaturabsenkung. Das Spektrum dieses Komplexes in Lösung bei 115 K (Abb. 3b) deutet auf eine axiale Verzerrung und zeigt deutlich das $g_{\perp} > g_{\parallel} \approx g_e$ -Muster, welches für einen $\{d_{z^2}\}^1$ -artigen Grundzustand spricht. Die nahezu temperaturunabhängigen g -Werte von $[\text{Cu}(\text{L}^{\text{Mes}})_2]\text{X}_2$ sowohl als Pulver wie auch als eingefrorene Lösung sind mit einer axial gestauchten elektronischen Struktur von $[\text{Cu}(\text{L}^{\text{Mes}})_2]^{2+}$ in Einklang. Die Spektren beider $[\text{Cu}(\text{L}^{\text{R}})_2]^{2+}$ -Komplexe in MeCN und MeNO₂ waren jeweils identisch.

Wir haben damit gezeigt, daß durch einfache Liganden-substitution ein bislang beispielloser Wechsel im elektronischen Grundzustand eines sechsfach koordinierten Cu^{II} -Zentrums von der gewöhnlichen $\{d_{z^2-y^2}\}^1$ -Struktur in eine $\{d_{z^2}\}^1$ -Form erzwungen werden kann. Dieser Effekt beruht auf sterischen Wechselwirkungen innerhalb der Moleküle und ist damit eine intrinsische molekulare Eigenschaft und nicht nur einfach ein Festkörperphänomen. Angesichts dieser Ergebnisse ist die Ähnlichkeit der d-d-Spektren von $[\text{Cu}(\text{L}^{\text{H}})_2]^{2+}$ ($\tilde{\nu}_{\text{max}} = 14.3 \times 10^3 \text{ cm}^{-1}$) und $[\text{Cu}(\text{L}^{\text{Mes}})_2]^{2+}$ ($\tilde{\nu}_{\text{max}} = 14.4 \times 10^3 \text{ cm}^{-1}$) in Lösung bemerkenswert. Sie legt nahe, daß die Cu^{II} -Ionen in diesen beiden Komplexen trotz unterschiedlicher Grundzustände etwa gleich starken Ligandenfeldern ausgesetzt sind. Die vollständige Charakterisierung der elektronischen Strukturen dieser Komplexe sowie Untersuchungen zur Koordinationschemie von L^{Mes} und verwandten Liganden mit anderen Metallen sind im Gange.

Experimentelles

L^{Mes} : Zu einer Lösung von 3[5]-Mesitylpyrazol^[9] (11.8 g, 0.064 mol) in Diglyme (80 mL) unter N_2 wurde KH (2.6 g, 0.064 mol) gegeben und die Mischung bei Raumtemperatur 2 h gerührt. 2,6-Dibromopyridin (7.5 g, 0.032 mol) wurde dann zugesetzt und die Mischung 5 d bei 130 °C gerührt. Nach Abkühlen und Zusatz desselben Volumens Wasser bildete sich ein cremefarbener Niederschlag, der nach Umkristallisieren aus THF weiße Nadeln lieferte (7.0 g). 1H -NMR (250.1 MHz, $CDCl_3$): δ = 8.67 (d, J = 2.6 Hz, 2H), 7.87 (pseudo-t, J = 3.4 Hz, 3H), 6.97 (s, 4H), 6.44 (d, J = 2.6 Hz, 2H), 2.34 (s, 12H), 2.21 (s, 6H); MS (EI): m/z : 448 $[M+H]^+$; Elementaranalyse (%): ber. für $C_{29}H_{29}N_5$: C 77.8, H 6.53, N 15.6; gef.: C 77.3, H 6.65, N 15.4.

$[Cu(L^H)_2](BF_4)_2$: MS (FAB): m/z : 485 $[(^{63}Cu(L^H)_2)^+]$, 274 $[(^{63}Cu(L^H))^+]$; Elementaranalyse (%): ber. für $C_{22}H_{18}B_2CuF_8N_{10}$: C 40.1, H 2.75, N 21.2; gef.: C 39.6, H 2.74, N 20.8; UV/Vis (MeCN): $\tilde{\nu}_{max}$ $[10^3 cm^{-1}]$ (ϵ_{max} $[M^{-1} cm^{-1}]$) = 14.3 (58), 24.4 (105), 32.8 (27700), 36.7 (35100), 37.7 (31900), 40.2 (44700).

$[Cu(L^{Mes})_2](BF_4)_2$: MS (FAB): m/z : 958 $[(^{63}Cu(L^{Mes})_2)^+]$, 510 $[(^{63}Cu(L^{Mes}))^+]$; Elementaranalyse (%): ber. für $C_{58}H_{58}B_2CuF_8N_{10}$: C 61.5, H 5.16, N 12.4; gef.: C 61.3, H 5.17, N 12.3; UV/Vis (MeCN): $\tilde{\nu}_{max}$ $[10^3 cm^{-1}]$ (ϵ_{max} $[M^{-1} cm^{-1}]$) = 14.4 (46), 24.0 (sh), 29.8 (25200), 30.6 (sh), 35.5 (sh), 36.6 (31100), 45.4 (sh).

$[Cu(L^{Mes})_2](ClO_4)_2$: Elementaranalyse (%): ber. für $C_{58}H_{58}Cl_2CuN_{10}O_8$: C 60.2, H 5.05, N 12.1; gef.: C 59.4, H 5.03, N 11.9.

Kristallstrukturdaten: $[Cu(L^H)_2](BF_4)_2$: $C_{22}H_{18}B_2CuF_8N_{10}$, Kristallabmessungen $0.50 \times 0.50 \times 0.30$ mm, monoklin, Raumgruppe $P2_1$ (Nr. 4), a = 8.4555(13), b = 8.531(2), c = 18.828(5) Å, β = 96.639(13)°; V = 1349.0(5) Å³, $\rho_{ber.}$ = 1.624 g cm⁻³; Siemens-P4-Diffraktometer, $4 \leq 2\theta \leq 50^\circ$, $MoK\alpha$ -Strahlung, λ = 0.71073 Å, $\theta/2\theta$ -Scans, T = 223(2) K; 3515 gemessene Reflexe, davon 2893 unabhängig, 2000 beobachtete mit $I > 2\sigma(I)$, $-10 \leq h \leq 1$, $-1 \leq k \leq 10$, $-22 \leq l \leq 22$; R = 0.048, wR = 0.129, GOF = 0.972 für 388 Parameter, Flack-Parameter = 0.02(3), $\Delta\rho_{max}$ = 0.59 e Å⁻³. – $[Cu(L^{Mes})_2](ClO_4)_2 \cdot 2CH_3NO_2$: $C_{60}H_{64}Cl_2CuN_{12}O_{12}$, Kristallabmessungen $0.30 \times 0.25 \times 0.25$ mm, monoklin, Raumgruppe $P2_1/c$ (Nr. 14), a = 12.048(4), b = 19.808(8), c = 25.36(2) Å, β = 99.92(4)°; V = 5963(5) Å³, $\rho_{ber.}$ = 1.426 g cm⁻³; Rigaku-AFC7R-Diffraktometer, $5 \leq 2\theta \leq 50^\circ$, $MoK\alpha$ -Strahlung, λ = 0.71069 Å, $\omega/2\theta$ -Scans, T = 180(2) K; 12975 gemessene Reflexe, davon 10518 unabhängig, 6041 beobachtete mit $I > 2\sigma(I)$, $0 \leq h \leq 14$, $0 \leq k \leq 23$, $-30 \leq l \leq 29$; R = 0.083, wR = 0.309, GOF = 1.040 für 784 Parameter, $\Delta\rho_{max}$ = 1.10 e Å⁻³. – Die Strukturen wurden mit Direkten Methoden gelöst (SHELXTL Plus^[12]) und nach der Methode der kleinsten Fehlerquadrate gegen $|F^2|$ verfeinert (SHELXL93^[13]). Alle Nichtwasserstoffatome wurden anisotrop verfeinert, Wasserstoffatome wurden in berechnete Positionen einbezogen. Die kristallographischen Daten (ohne Strukturaktoren) der in dieser Veröffentlichung beschriebenen Strukturen wurden als „supplementary publication no. CCDC-101277“ beim Cambridge Crystallographic Data Centre hinterlegt. Kopien der Daten können kostenlos bei folgender Adresse in Großbritannien angefordert werden: CCDC, 12 Union Road, Cambridge CB21EZ (Fax: (+44)1223-336-033; E-mail: deposit@ccdc.cam.ac.uk).

Eingegangen am 27. März 1998 [Z11650]

Stichwörter: EPR-Spektroskopie • Jahn-Teller-Effekt • Kupfer • N-Liganden

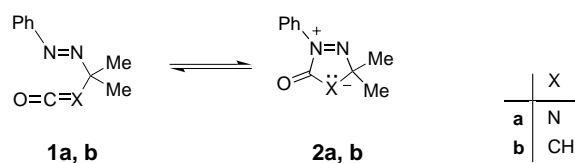
- [1] B. J. Hathaway in *Comprehensive Coordination Chemistry*, Vol. 5 (Hrsg.: G. Wilkinson, R. D. Gillard, J. E. McCleverty), Pergamon, Oxford, 1987, S. 610–611.
- [2] Neuere Übersichtsartikel: a) C. J. Simmons, *New J. Chem.* 1993, 17, 77–95; b) M. A. Hitchman, *Comments Inorg. Chem.* 1994, 15, 197–254; c) L. R. Falvello, *J. Chem. Soc. Dalton Trans.* 1997, 4463–4475.
- [3] R. Allmann, W. Henke, D. Reinen, *Inorg. Chem.* 1978, 27, 378–382.
- [4] M. I. Arriortua, T. Rojo, J. M. Amigó, G. Germain, J. P. Declercq, *Acta Crystallogr. Sect. B* 1982, 38, 1323–1324.
- [5] J.-V. Folgado, W. Henke, R. Allmann, H. Strateimer, D. Beltrán-Porter, T. Rojo, D. Reinen, *Inorg. Chem.* 1990, 29, 2035–2042.
- [6] W. Henke, D. Reinen, *Z. Anorg. Allg. Chem.* 1977, 436, 187–200.

- [7] D. L. Jameson, K. A. Goldsby, *J. Org. Chem.* 1990, 55, 4992–4994.
- [8] D. L. Jameson, J. K. Blaho, K. T. Kruger, K. A. Goldsby, *Inorg. Chem.* 1989, 28, 4312–4314.
- [9] A. L. Rheingold, C. B. White, S. Trofimenko, *Inorg. Chem.* 1993, 32, 3471–3477.
- [10] A. B. P. Lever, *Inorganic Electronic Spectroscopy*, 2. Aufl., Elsevier, Amsterdam, 1984, S. 554–572.
- [11] B. A. Goodman, J. B. Raynor, *Adv. Inorg. Chem.* 1970, 13, 135–362.
- [12] G. M. Sheldrick, SHELXTL Plus, PC-Version, Siemens Analytical Instruments Inc., Madison, WI, 1990.
- [13] G. M. Sheldrick, SHELXL93, Universität Göttingen, 1993.

Azomethinimine im Vier- und Fünfring: stabile cyclische Valenzisomere eines α -(Phenyldiazenyl)ketocarbens**

Joachim G. Schantl,* Arno S. Rettenbacher und Klaus Wurst

Die intramolekulare Wechselwirkung funktioneller Gruppen und die daraus resultierende, gegenüber den isolierten Funktionalitäten abweichende Reaktivität sind ein faszinierendes Untersuchungsgebiet. So wird das reaktive Verhalten von 1-(1-Isocyanat-1-methylethyl)-2-phenyl-1-diazen **1a** auch von der valenzisomeren, cyclischen Form **2a** geprägt^[1] (Schema 1). Daher wurde versucht, mit 3-Methyl-3-(2-phenyl-1-diazenyl)-1-buten-1-on **1b** eine analoge Verbindung zu synthetisieren, um zu untersuchen, inwieweit die Reaktivität auf die valenzisomere, cyclische Form **2b** zurückzuführen ist.



Schema 1. Gleichgewicht zwischen 1-(1-Isocyanat-1-methylethyl)-2-phenyl-1-diazen **1a** und seinem cyclischen Valenzisomer 4,5-Dihydro-3,3-dimethyl-5-oxo-1-phenyl-3H-1,2,4-triazol-1-ium-4-id **2a**^[1] sowie die vermutete Isomerie zwischen 3-Methyl-3-(2-phenyl-1-diazenyl)-1-buten-1-on **1b** und 4,5-Dihydro-3,3-dimethyl-5-oxo-1-phenyl-3H-pyrazol-1-ium-4-id **2b**.

Hierfür wurde das aus 4,4-Dimethyl-2-phenyldiazetidin-3-on **3**^[2] durch Behandeln mit *tert*-Butylhypochlorit erhaltene 2-Methyl-2-(2-phenyl-1-diazenyl)propansäurechlorid **4**^[3] mit Diazomethan zu 1-Diazo-3-methyl-3-(2-phenyl-1-diazenyl)-butan-2-on **5** umgesetzt (Schema 2). Bei der Reaktion des

[*] Prof. Dr. J. G. Schantl, Mag. A. S. Rettenbacher
Institut für Organische Chemie der Universität
Innrain 52a, A-6020 Innsbruck (Österreich)
Fax: (+43) 512-507-2855
E-mail: Joachim.Schantl@uibk.ac.at

Dr. K. Wurst
Institut für Allgemeine, Anorganische und
Theoretische Chemie der Universität
Innrain 52a, A-6020 Innsbruck (Österreich)

[**] Diese Arbeit wurde vom Fonds zur Förderung der Wissenschaftlichen Forschung (FWF) (Projekt Nr. P10462-MOB) unterstützt.