

feldkopplung  $D(S = 3/2) = 5.53 \text{ mT} = 51.68 \times 10^{-4} \text{ cm}^{-1}$  beträgt. Charakteristisch für die höhere Spinmultiplizität sind ebenfalls die Signale der verbotenen  $\Delta m_s = 2$ -Übergänge, die jedoch wesentlich weniger intensiv sind. Somit lassen sich die Oligopyrenyle durch Beladung in Oligoradikale überführen, allerdings ist die Dipolwechselwirkung zwischen den Pyreneinheiten nur etwa halb so groß wie zwischen den Anthraceneinheiten im Bi- und Trisanthrylen 10 bzw. 11 mit  $D(S = 1) = 15 \text{ mT}$  und  $D(S = 3/2) = 11.2 \text{ mT}$  [13].

Für die Di- ( $1b^{2-}$ ) und Triradikale ( $2b^{3-}$ ) bleibt zu klären, ob eine ferromagnetische oder antiferromagnetische Austauschwechselwirkung vorliegt. Da die halbbesetzten HOMOs in den Anionen auf nicht überlappenden Sätzen von Atomorbitalen lokalisiert sind, so daß die direkte Austauschwechselwirkung  $J_{\text{dir}}$  als Teil der effektiven Austauschwechselwirkung in erster Näherung verschwindet, kann die Spinmultiplizität des Grundzustandes im Dianion von  $1b^{2-}$  nicht direkt nach der Hundschen Regel bestimmt werden. Bei der indirekten Austauschwechselwirkung  $J_{\text{ind}}$  läßt sich unter Berücksichtigung der Konfigurationswechselwirkung [17–18] eine antiferromagnetische Wechselwirkung, mit einer Singulett-Triplett-Energiedifferenz von  $E_T - E_S = 0.032 \text{ eV}$  ermitteln. Auch für das Polyanionradikal des entsprechenden Polymers berechnet sich [19], daß  $J_{\text{inc}}$  ( $= -0.01 \text{ eV}$ ) den dominanten Beitrag zur effektiven antiferromagnetischen Austauschwechselwirkung liefert.

Zum experimentellen Nachweis der Natur der Wechselwirkung in den Mono-, Di- und Triradikalen  $1b^{2-}$ ,  $2b^{2-}$  bzw.  $2b^{3-}$  wurde daher die Temperaturabhängigkeit der Intensität der ESR-Signale von 4–100 K verfolgt. Es läßt sich eine antiferromagnetische Kopplung für die intramolekulare Wechselwirkung zwischen den beladenen Pyrenuntereinheiten nachweisen, da bei 4.5 K nur Monoradikalbeiträge detektiert und Komponenten der Nullfeldaufspaltungen für die Di- und Triradikale erst nach weiterer thermischer Anregung ab 20 bzw. 40 K sichtbar werden.

Die Verknüpfung von Pyreneinheiten in den 2- bzw. 2- und 7-Positionen führt zu einer elektronischen Entkopplung und bietet die Möglichkeit zur Oligoradikalbildung, ermöglicht jedoch, anders als in *meta*-Phenyl-verknüpften Oligo- und Polyradikalen [20], keine ferromagnetische Wechselwirkung. Die Titelverbindungen 1, 2 und 9 regen in vielfältiger Weise zu fortführenden Studien an: Im physikalischen Bereich wird man weitere Kriterien für die elektronische Entkopplung der Pyreneinheiten in 1 und 2 überprüfen, etwa die Möglichkeit einer lichtinduzierten Ladungstrennung in 1,1'- bzw. 2,2'-Bipyrenyl [3b]; im präparativen Bereich liegt der Übergang von 1 und 2 zu den analogen Polymeren nahe.

Eingegangen am 9. Mai 1994 [Z 6908]

- [1] a) G. Bringmann, R. Walter, R. Weirich, *Angew. Chem.* **1990**, 102, 1006; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1990**, 29, 977; b) T. Hayashi, K. Hayashizaki, Y. Itoh, *Tetrahedron Lett.* **1989**, 30, 215; c) P. Kovacic, M. Jones, *Chem. Rev.* **1987**, 87, 357.
- [2] a) K. Mislav, M. A. W. Glas, H. B. Hopps, E. Simon, G. H. Wahl, *J. Am. Chem. Soc.* **1964**, 101, 1710; b) K. E. Wilson, P. E. Pincok, *Can. J. Chem.* **1977**, 55, 889; c) A. I. Meyers, R. J. Himmelsbach, *J. Am. Chem. Soc.* **1985**, 107, 682; d) H. Brunner, J. Goldbrunner, *Chem. Ber.* **1989**, 122, 2005.
- [3] a) N. Mataga, H. Yao, T. Okada, W. Rettig, *J. Phys. Chem.* **1989**, 93, 3383; b) M. Zander, W. Rettig, *Chem. Phys. Lett.* **1984**, 110, 602; c) D. M. Ivory, G. G. Miller, J. M. Sowa, J. W. Shacklette, R. R. Chance, R. H. Baughman, *J. Chem. Phys.* **1979**, 71, 1506.
- [4] E. Heilbronner, H. Bock, *Das HMO-Modell und seine Anwendungen*, 2. Aufl., Verlag Chemie, Weinheim, **1978**.
- [5] M. Baumgarten, U. Anton, L. Gherghel, K. Müllen, *Synth. Met.* **1993**, 55–57, 4801.
- [6] U. Anton, A. Bohnen, K. H. Koch, H. Naarmann, H. J. Räder, K. Müllen, *Adv. Mater.* **1992**, 4, 91.

- [7] a) M. Dietrich, J. Mortensen, J. Heinze, *Angew. Chem.* **1985**, 97, 502; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1985**, 24, 508; b) H. Hoshiro, K. Kimamura, M. Imamura, *Chem. Phys. Lett.* **1973**, 20, 193; c) K. Müllen, M. Baumgarten, N. Tyutyulkov, S. Karabunarliev, *Synth. Met.* **1991**, 40, 127.
- [8] D. M. Hall, M. Leslie, F. Turner, *J. Chem. Soc.* **1950**, 711.
- [9] J. Falbe, *Methoden Org. Chem.* (Houben-Weyl) 4th ed. 1952, Bd. F3U, **1983**.
- [10] Da die Stellung der Alkylketten im Tetrahydropyren 6 variiert, entsteht ein Diastereomergemisch; dieses konnte aber erst nach Derivatisierung zu 7 säulenchromatographisch getrennt werden.
- [11] T. Yamamoto, A. Morita, Y. Miyazaki, T. Maruyama, H. Wakayama, Z. Zhou, Y. Nakamura, T. Kanbara, *Macromolecules* **1992**, 25, 1214.
- [12] U. Müller, A. Adam, K. Müllen, *Chem. Ber.* **1994**, 127, 437.
- [13] M. Baumgarten, U. Müller, A. Bohnen, K. Müllen, *Angew. Chem.* **1992**, 104, 482; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1992**, 31, 448.
- [14] R. H. Young, *J. Appl. Phys.* **1986**, 60, 272.
- [15] A. Bohnen, W. Heitz, K. Müllen, H. J. Räder, R. Schenk, *Macromol. Chem.* **1991**, 192, 1679.
- [16] K. H. Koch, K. Müllen, *Chem. Ber.* **1992**, 124, 2091.
- [17] P. W. Anderson, *Phys. Rev.* **1950**, 79, 350; *ibid.* **1959**, 115, 2.
- [18] Berechnungen erfolgten mit allen ein- und zweifach angeregten Konfigurationen zwischen den vier höchsten doppelt besetzten, den zwei einfach besetzten und den vier niedrigsten unbesetzten MOs.
- [19] N. Tyutyulkov, F. Dietz, K. Müllen, M. Baumgarten, S. Karabunarliev, *Theor. Chim. Acta* **1993**, 86, 353.
- [20] J. A. Berson, *Pure Appl. Chem.* **1987**, 59, 1571.

## Regio- und diastereoselektive Photooxygenierung chiraler 2,5-Cyclohexadien-1-carbonsäuren\*\*

Torsten Linker\* und Lothar Fröhlich

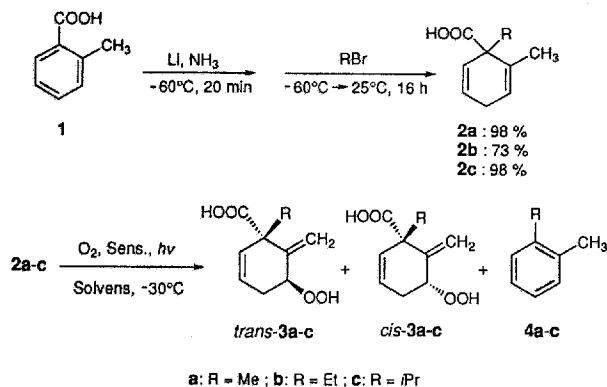
Hochfunktionalisierte chirale Cyclohexanolderivate sind zentraler Bestandteil vieler Naturstoffe [1]. Unter den Möglichkeiten, solche Strukturtypen aufzubauen, sind besonders stereoselektive Reduktionen und Alkylierungen von cyclischen Ketonen [2], Cycloadditionen [3] und enzymatische Methoden [4] hervorzuheben. Bei Untersuchungen zur Synthese von Dihydroxyvitamin D<sub>3</sub> (Calcitriol) [5] entwickelten wir einen regio- und stereoselektiven Zugang zu funktionalisierten Cyclohexanolderivaten, die als Vorläufer für weitere Naturstoffe dienen.

Obwohl die Singulett-Sauerstoff-En-Reaktion (Schenk-Reaktion) [6] schon lange bekannt ist und viele Anwendungen sowohl für cyclische [7] als auch für acyclische [8] Olefine gefunden wurden, existierten bisher noch keine Beispiele für Umsetzungen chiraler Carbonsäuren. Wir untersuchten deshalb die triplett-sensibilisierte Photooxygenierung der racemischen 2,5-Cyclohexadien-1-carbonsäuren **2a–c**, die sich durch Birch-Reduktion [9] und nachfolgende Alkylierung von 2-Methylbenzoesäure **1** in guten Ausbeuten synthetisieren lassen (Schema 1).

Überraschend hoch ist sowohl die Regio- als auch zum Teil die Diastereoselektivität, mit der die Hydroperoxide **3** entstehen (Tabelle 1), da Singulett-Sauerstoff-En-Reaktionen cyclischer Olefine meist nur mit geringen Selektivitäten verlaufen [10]. Die Isomere *trans*- und *cis*-**3** lassen sich säulenchromatographisch diastereomerenrein isolieren, wobei die Zuordnung der relativen Konfiguration der Stereozentren durch NOE-Experimente (NOE = Nuclear Overhauser Enhancement) erfolgte. Auch durch chemische Transformationen, die zugleich das Synthese-

[\*] Dr. T. Linker, L. Fröhlich  
Institut für Organische Chemie der Universität  
Am Hubland, D-97074 Würzburg  
Telefax: Int. + 931/888-4606

[\*\*] Diese Arbeit wurde vom Fonds der Chemischen Industrie gefördert. Wir danken Prof. Dr. W. Adam, Würzburg, für Unterstützung.



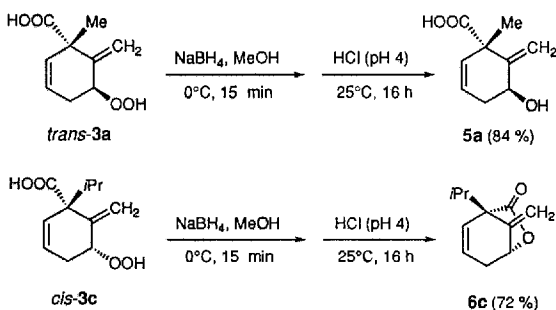
Schema 1. Synthese und Photooxygenierung der chiralen 2,5-Cyclohexadien-1-carbonsäuren *rac*-2 **a**–**c**. Der Übersichtlichkeit halber ist jeweils nur ein Enantiomer von **3** dargestellt.

Tabelle 1. Photooxygenierung der 2,5-Cyclohexadien-1-carbonsäuren *rac*-2 [a].

Nr.	Carbon-säure	R	Methode [a]	<i>dr</i> [b] <i>trans</i> -3: <i>cis</i> -3	Ausbeute [%] [c]		
					<i>trans</i> -3	<i>cis</i> -3	<b>4</b>
1	<b>2a</b>	Me	A	87:13	68	10	19
2	<b>2a</b>	Me	B	92:8	90	8	—
3	<b>2a</b>	Me	C	>96:4	84	—	—
4	<b>2b</b>	Et	A	30:70	22	50	25
5	<b>2b</b>	Et	B	43:57	40	53	—
6	<b>2b</b>	Et	C	75:25	51	17	—
7	<b>2c</b>	<i>i</i> Pr	A	<4:96	—	68	28
8	<b>2c</b>	<i>i</i> Pr	B	<4:96	—	97	—
9	<b>2c</b>	<i>i</i> Pr	C	8:92	7	82	—

[a] Bedingungen:  $O_2$ ,  $5 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$  Sensibilisator,  $h\nu$  (2  $\times$  250-W-Na-Dampflampe), Solvens,  $-30^\circ\text{C}$ , 1 d; Methode A: Tetraphenylporphyrin (TPP), Chloroform; Methode B: TPP, Chloroform + zwei Äquivalente Pyridin; Methode C: Bengalrosa, Methanol, **2** als Na-Salz. [b] Diastereomerenverhältnisse (*dr*), bestimmt anhand der Integrale im  $^1\text{H}$ -NMR-Rohspektrum (400 MHz). [c] Ausbeuten an isolierten Produkten nach Säulenchromatographie (alle Verbindungen ergaben korrekte Elementaranalysen).

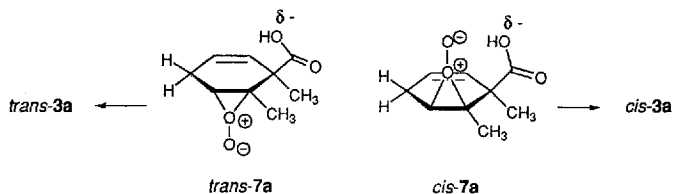
potential der Hydroperoxide erkennen lassen, konnte die relative Konfiguration zweifellos bewiesen werden (Schema 2). Natriumborhydrid-Reduktion und Behandlung mit verdünnter Salzsäure lieferte mit *trans*-**3a** die 3-Hydroxycarbonsäure **5a**, während bei *cis*-**3c** glatt eine Lactonisierung zu **6c** eintrat.



Schema 2. Transformationen der Hydroperoxide *trans*-**3a** und *cis*-**3c**.

Die hohen Diastereoselektivitäten bei der Photooxygenierung chiraler 2,5-Cyclohexadien-1-carbonsäuren sind auf sterische und elektronische Faktoren zurückzuführen, die den Angriff von Singulett-Sauerstoff dirigieren. In allen untersuchten Fällen (Tabelle 1) steigt die *cis*-Selektivität beim Übergang vom Methyl- zum Ethyl- und Isopropylsubstituenten drastisch an, wo-

für nur sterische Effekte verantwortlich sein können. Elektronische Einflüsse zeigen sich am deutlichsten bei der Photooxygenierung der methylsubstituierten Carbonsäure **2a** (Nr. 1–3), bei der der *trans*-Angriff stark bevorzugt ist. Würden hier nur sterische Faktoren berücksichtigt, sollte ein 1:1-Gemisch der diastereomeren Hydroperoxide **3a** entstehen, da eine Methyl- und eine Carboxygruppe etwa den gleichen Raum einnehmen<sup>[11]</sup>. Die hohe *trans*-Selektivität resultiert offensichtlich aus ungünstigen elektronischen Wechselwirkungen in dem Peroxid *cis*-**7a**<sup>[12]</sup>, die bei *trans*-**7a** nicht auftreten (Schema 3). Wird die negative Ladung der Carboxygruppe (z.B. durch Deprotonierung) erhöht, so sollte sich dieser Effekt noch verstärken.



Schema 3. Elektronische Wechselwirkungen in der Peroxid-Zwischenstufe **7**, die zur *trans*-Selektivität der Photooxygenierung führen.

Um diese Hypothese zu prüfen, wurden die Singulett-Sauerstoff-En-Reaktionen in Gegenwart von zwei Äquivalenten Pyridin (Methode B, Nr. 2, 5 und 8) und mit den Natriumsalzen (Methode C, Nr. 3, 6 und 9) durchgeführt. Tatsächlich kann die *trans*-Selektivität in allen Beispielen deutlich gesteigert werden. Ein weiterer Vorteil der Photooxygenierung unter schwach basischen Bedingungen besteht darin, die unerwünschte Bildung der Arene **4** (Nr. 1, 4 und 7), die vermutlich durch säurekatalysierte Grob-Fragmentierung<sup>[13]</sup> entstehen, vollständig zu unterdrücken. Ähnliche Aromatisierungen von 2,5-Cyclohexadien-1-carbonsäuren sind beschrieben<sup>[14]</sup>.

Besonders interessant ist die Reaktion der 1-Ethyl-substituierten Carbonsäure **2b** (Nr. 4–6), bei der sich sterische und elektronische Wechselwirkungen die Waage halten. Dies eröffnet die Möglichkeit, durch einfache Variation des Lösungsmittels (Nr. 4) oder durch Einsatz des Natriumsalzes (Nr. 6), die Diastereoselektivität der Photooxygenierung umzukehren.

Die Singulett-Sauerstoff-En-Reaktion chiraler Carbonsäuren bietet einen einfachen regio- und stereoselektiven Zugang zu funktionalisierten Cyclohexenolderivaten. Um das Synthesepotential der hier entwickelten Reaktionssequenz Birch-Reduktion/Photooxygenierung weiter auszubauen, versuchen wir durch andere funktionelle Gruppen die Stereoselektivität dieser Reaktion gezielt zu dirigieren. Da auch enantioselective Varianten für die Birch-Reduktion von 2-Methylbenzoesäure **1** existieren<sup>[15]</sup>, sollte die Reaktionssequenz für Anwendungen in Naturstoffsynthesen prädestiniert sein.

### Experimentelles

*cis*-**3c**: 900 mg (5 mmol) **2c**, 790 mg (10 mmol) Pyridin und ca. 2 mg Tetraphenylporphyrin (TPP) werden in 70 mL Chloroform gelöst. Man durchströmt bei  $-30^\circ\text{C}$  kontinuierlich mit Sauerstoff und bestrahlt 24 h mit zwei 250-W-Na-Dampflampen (Philips G/98/2 SON). Einengen im Vakuum ( $30^\circ\text{C}$ ) und säulenchromatographische Reinigung an Kieselgel ( $\text{CH}_2\text{Cl}_2/\text{MeOH}/\text{HOAc}$  98/2/0.1) liefert 1.03 g (97%) kristallines *cis*-**3c** (Schmp.  $101-102^\circ\text{C}$ ). Ausgewählte  $^1\text{H}$ -NMR-Daten (250 MHz,  $\text{CDCl}_3$ ):  $\delta$  = 0.88, 1.03 (2 d,  $J$  = 6.7 Hz, 3H;  $\text{CH}(\text{CH}_3)_2$ ), 2.52 (sep,  $J$  = 6.7 Hz, 1H;  $\text{CH}(\text{CH}_3)_2$ ), 4.57 (dd,  $J$  = 3.0, 3.7 Hz, 1H;  $\text{CHOOH}$ ), 5.44, 5.52 (2 s, 1H, C =  $\text{CH}_2$ );  $^{13}\text{C}$ -NMR (63 MHz,  $\text{CDCl}_3$ ):  $\delta$  = 17.92, 17.97 (2 q;  $\text{CH}(\text{CH}_3)_2$ ), 32.80 (d;  $\text{CH}(\text{CH}_3)_2$ ), 85.29 (d;  $\text{CHOOH}$ ), 119.70 (t; C =  $\text{CH}_2$ ), 141.02 (s; C =  $\text{CH}_2$ ) (Zuordnung durch DEPT).

Eingegangen am 17. Mai 1994 [Z 6942]

- [1] K. C. Nicolaou, W.-M. Dai, R. K. Guy, *Angew. Chem.* **1994**, *106*, 38–69; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1994**, *33*, 15–44; M. M. Campbell, M. Sainsbury, P. A. Searle, *Synthesis* **1993**, 179–193; G. H. Posner, H. Dai, K. Afarinkia, N. N. Murty, K. Z. Guyton, T. W. Kensler, *J. Org. Chem.* **1993**, *58*, 7209–7215.
- [2] B. Hartmann, A. M. Kanazawa, J.-P. Deprés, A. E. Greene, *Tetrahedron Lett.* **1993**, *34*, 3875–3876; A. K. Singh, R. K. Bakshi, E. J. Corey, *J. Am. Chem. Soc.* **1987**, *109*, 6187–6189.
- [3] S. P. Maddaford, J. L. Charlton, *J. Org. Chem.* **1993**, *58*, 4132–4138; K. C. Nicolaou, C.-K. Hwang, E. J. Sorensen, C. F. Clairborne, *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* **1992**, 1117–1118.
- [4] A. J. Carnell, G. Iacazio, S. M. Roberts, A. J. Willetts, *Tetrahedron Lett.* **1994**, *35*, 331–334; D. Seebach, S. Roggo, T. Maetzke, H. Braunschweiger, J. Cereus, M. Krieger, *Helv. Chim. Acta* **1987**, *70*, 1605–1615.
- [5] Ausgewählte Beispiele von Calcitriolsynthesen: C. Chen, D. Crich, *Tetrahedron* **1993**, *49*, 7943–7954; G. H. Posner, J.-C. Carry, T. E. N. Anjeh, A. N. French, *J. Org. Chem.* **1992**, *57*, 7012–7014; K. Nagasawa, Y. Zako, H. Ishihara, I. Shimizu, *Tetrahedron Lett.* **1991**, *32*, 4937–4940.
- [6] H. H. Wasserman, J. L. Ives, *Tetrahedron* **1981**, *37*, 1825–1852; K. Gollnick, G. O. Schenck, *Pure Appl. Chem.* **1964**, *9*, 507–525.
- [7] H.-S. Lin, L. A. Paquette, *Synth. Commun.* **1986**, *16*, 1275–1283; K. H. Schulte-Elte, V. Rautenstrauch, *J. Am. Chem. Soc.* **1980**, *102*, 1738–1740; J. A. Marshall, N. Cohen, A. R. Hochstetler, *ibid.* **1966**, *88*, 3408–3417.
- [8] W. Adam, M. J. Richter, *Synthesis* **1994**, 176–180; W. Adam, B. Nestler, *J. Am. Chem. Soc.* **1993**, *115*, 5041–5049; W. Adam, H.-G. Brünker, *ibid.* **1993**, *115*, 3008–3009.
- [9] H. van Bakkum, C. B. van den Bosch, G. van Minnen-Pathuis, J. C. de Mos, A. M. van Wijk, *Recl. Trav. Chim. Pays-Bas* **1971**, *90*, 137–149; R. M. Acheson, R. F. Flowerday, *J. Chem. Soc. Perkin Trans. 1* **1974**, 2339–2342.
- [10] L. M. Stephenson, *Acc. Chem. Res.* **1980**, *13*, 419–425; J. S. Dutcher, J. G. Macmillan, C. H. Heathcock, *J. Org. Chem.* **1976**, *41*, 2663–2669.
- [11] H. Förster, F. Vögtle, *Angew. Chem.* **1977**, *89*, 443–455; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1977**, *16*, 429.
- [12] Für Peroxide als Intermediate in Singulett-Sauerstoff-En-Reaktionen siehe: M. Orfanopoulos, I. Smonou, C. S. Foote, *J. Am. Chem. Soc.* **1990**, *112*, 3607–3614; J. R. Hurst, S. L. Wilson, G. B. Schuster, *Tetrahedron* **1985**, *41*, 2191–2197.
- [13] C. A. Grob, *Angew. Chem.* **1969**, *81*, 543–554; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1969**, *8*, 535–546; C. A. Grob, P. W. Schiess, *ibid.* **1967**, *79*, 1–14 bzw. **1967**, *6*, 1–15.
- [14] I. K. Zhurkovich, D. V. Ioffe, *J. Org. Chem. USSR* **1974**, *10*, 216–218; A. J. Baker, A. C. Goudie, *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* **1972**, 951.
- [15] A. G. Schultz, *Acc. Chem. Res.* **1990**, *23*, 207–213; A. G. Schultz, M. Macielag, P. Sundararaman, A. G. Taveras, M. Welch, *J. Am. Chem. Soc.* **1988**, *110*, 7828–7841.

## Corrigendum

In der Zuschrift „Die Strukturen von zwei Lithiumhydraziden: Liegen Elektronenmangelbindungen vor?“ von N. Metzler, H. Nöth und H. Sachdev (*Angew. Chem.* **1994**, *106*, 1837) wurde die Frage gestellt, ob man die Verbindung  $[\text{tBuMe}_2\text{Si}(\text{Li})\text{N}-\text{N}(\text{Li})\text{SiMe}_2\text{tBu}]_3$  auch als Elektronenmangelverbindung betrachten könne. Obgleich die Elektronenabzählregeln für dieses Beispiel formal für eine Verbindung vom *arachno*-Typ zutreffend sind, zeigen die Strukturen neuer Beispiele des Typs  $[\text{R}(\text{Li})\text{N}-\text{N}(\text{Li})\text{R}]_n$  und  $[\text{R}(\text{H})\text{N}-\text{N}(\text{Li})\text{R}]_m$  (H. Nöth, H. Sachdev, M. Schmidt, H. Schwenk, *Chem. Ber.*, eingereicht; U. Klingebiel et al., *Proceeding VII<sup>th</sup> IRIS Conference, Banff, 1994*), daß dies eine zufällige Ausnahme ist und die Koordinationszahlen  $\geq 5$  für N-Atome sowie  $\geq 4$  für Li-Atome auf die stark polaren Anteile der Li-N-Wechselwirkung zurückzuführen sind.

## Neu in der „Angewandten“ ab 1995: Keywords

Ab Januar 1995 sollen zu jedem Beitrag Keywords gedruckt werden, die dann auch die Basis für das Stichwortjahresregister bilden. Autoren werden gebeten, ab sofort ihre Manuskripte mit Keywords (zwischen Haupttext und Literaturverzeichnis) zu versehen und dabei folgende Punkte zu beachten:

1. Die Jahresregister in den Dezemberheften der vergangenen Jahre geben einen Eindruck von der Art der verwendeten Stichwörter.
2. Es sollten maximal fünf Keywords sein, darunter möglichst mehr allgemeine als spezielle (z. B. 2 + 1).
3. Bitte keine „Komma-Versionen“ verwenden, d. h. „chemische Sensoren“, nicht „Sensoren, chemisch“ als Stichwort.
4. Bitte „...verbindungen“ in Kombination mit Elementnamen verwenden, also „Eisenverbindungen“, „Bromverbindungen“ und nicht „Eisenkomplexe“.
5. Bitte Komplexe nach dem koordinierenden Atom („Komplexe mit Stickstoffliganden“) oder nach der koordinierenden Verbindung („Arenkomplexe“, „Carbenkomplexe“) klassifizieren, wenn die Eintragung unter dem Elementnamen nicht als ausreichend erachtet wird.

Die Redaktion wird sich bemühen, ein möglichst einheitlich gestaltetes Jahresregister sicherzustellen.