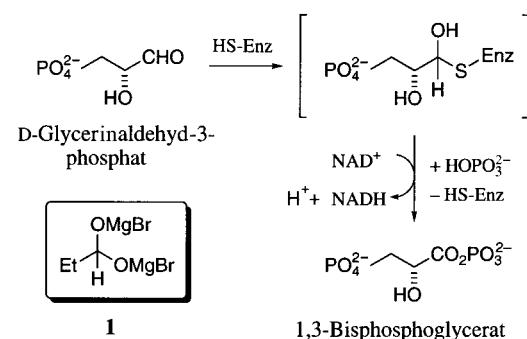


- [4] a) J. Cortés, K. Wiesmann, G. A. Roberts, M. J. B. Brown, J. Staunton, P. F. Leadlay, *Science* **1995**, 268, 1487–1489; b) C. M. Kao, G. Luo, L. Katz, D. E. Cane, C. Khosla, *J. Am. Chem. Soc.* **1995**, 117, 9105–9106; c) C. M. Kao, G. Luo, L. Katz, D. E. Cane, C. Khosla, *ibid.* **1996**, 118, 9184–9185.
- [5] a) M. Oliynyk, M. J. B. Brown, J. Cortés, J. Staunton, P. F. Leadlay, *Chem. Biol.* **1996**, 3, 833–839; b) P. F. Leadlay, J. Staunton, A. F. A. Marsden, B. Wilkinson, N. J. Dunster, J. Cortés, M. Oliynyk, U. Hanefeld, M. J. B. Brown in *Industrial Microorganisms: Basic and Applied Molecular Genetics* (Hrsg.: R. H. Baltz, G. D. Hegeman, P. L. Skatrud), American Society for Microbiology, Washington, DC, **1997**, im Druck.
- [6] P. Caffrey, B. Green, L. C. Packman, B. J. Rawlings, J. Staunton, P. F. Leadlay, *Eur. J. Biochem.* **1991**, 195, 823–830.
- [7] a) S. Yue, J. S. Duncan, Y. Yamamoto, C. R. Hutchinson, *J. Am. Chem. Soc.* **1987**, 109, 1253–1255; b) D. E. Cane, C.-C. Yang, *ibid.* **1987**, 109, 1255–1257.

Biomimetische Oxidation von Aldehyden mit NAD⁺-Modellverbindungen – Wasserstoffübertragung vom Glycolysen-Typ in einem NAD⁺/NADH-Modellsystem**

Nobuhiro Kanomata,* Masayuki Suzuki,
Mamiko Yoshida und Tadashi Nakata

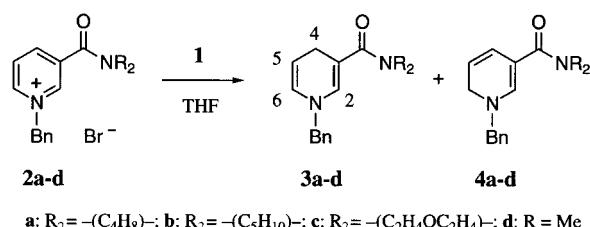
Das Coenzym NAD⁺ und seine reduzierte Form, NADH, dienen als Redoxreagentien für biologische Reaktionen, die durch L-Lactat-Dehydrogenase (LDH) und D-Glycerinaldehyd-3-phosphat-Dehydrogenase (GAPDH) in anaeroben Glycolysen katalysiert werden.^[1] Es wurde bereits über eine Reihe synthetisch hergestellter NADH-Analoga einschließlich unserer überbrückten NADH-Modellverbindungen^[2a] für die asymmetrische Reduktion vom LDH-Typ berichtet,^[2, 3] aber nur wenige wurden im Hinblick auf die biomimetische Oxidation untersucht. Zwar ist bekannt, daß einige NAD⁺-Modellverbindungen Alkohole/Alkoxide^[4, 5] oder Formiat^[6] unter Bildung des NADH-Analogons und des entsprechenden Oxidationsproduktes umsetzen, doch konnte eine GAPDH-katalysierte Oxidation eines Aldehyds zum Carboxylat noch nicht nachgeahmt werden.^[7] Um diese bisher beispiellose Modellreaktion zu verwirklichen, haben wir unsere Aufmerksamkeit auf das Aldehyd-Äquivalent **1**^[8] gerichtet. Diese Verbindung ist ein Analogon der Thiohemiacetal-Zwischenstufe,^[1, 9] die aus D-Glycerinaldehyd-3-phosphat und einem Cysteinrest von GAPDH gebildet wird (Schema 1). Wir beschreiben hier die erste GAPDH-analoge Oxidation eines Aldehyds zum Carboxylat in Verbindung mit



Schema 1. GAPDH-Oxidation und Struktur von **1**.

einer hochselektiven 1,4-Reduktion von NAD⁺ zu NADH-Modellverbindungen und ihre Anwendung auf Übertragungsreaktionen vom GAPDH- und LDH-Typ.

Das Diolat **1** wurde nach Literaturangaben hergestellt.^[8] Die regioselektive Wasserstoffübertragung von **1** verläuft besonders effizient auf *N*-Benzylpyridinium-Salze **2**, die eine tertiäre Amidgruppe haben (Tabelle 1; siehe Tabelle 2 für



a: R₂ = -(C₄H₈)₂; b: R₂ = -(C₅H₁₀)₂; c: R₂ = -(C₂H₄OC₂H₄)₂; d: R = Me

Tabelle 1. Reaktionen von **2a–d** mit **1**.^[a]

Nr.	2	T[°C]	t[h]	3:4 ^[b]	Ausb. [%] ^[c]
1	2a	RT	5	>95:5	58
2 ^[d]	2a	RT	5	>95:5	87
3	2a	50	3	91:9	73
4	2a	90	1	91:9	92
5 ^[d]	2b	RT	5	93:7	61
6	2b	90	1	95:5	90
7	2c	90	1	91:9	72
8	2c	90	4	84:16	62
9	2d	90	1	93:7	69
10	2d	90	4	73:27	59

[a] Alle Reaktionen wurden in THF unter Argon durchgeführt mit 5 Äquiv. **1**, sofern nicht anders angegeben. [b] Die Verhältnisse wurden aus den Integralen der ¹H-NMR-Spektren bestimmt. [c] Ausbeuten beziehen sich auf die Rohproduktmischung von **3** und **4** nach der Extraktion. [d] 10 Äquiv. **1**.

analytische Daten der Produkte). Die Reaktion von **2a** mit **1** (5 oder 10 Äquiv.) wurde in THF bei Raumtemperatur (RT) innerhalb von 5 h durchgeführt und lieferte fast ausschließlich das 1,4-Dihydronicotinamid **3a**^[10] (Nr. 1 und 2). Bei höheren Temperaturen waren die Reaktionen schon nach 1–3 h beendet und führten in guter Ausbeute vorwiegend zu **3a** neben 1,6-Dihydronicotinamid **4a**^[11] (Verhältnis ca. 9:1; Nr. 3 und 4). Propionsäure, das Produkt der Oxidation von **1**, wurde aus der sauren wäßrigen Lösung isoliert und ¹H-NMR-spektroskopisch identifiziert. Die hohe 1,4-Selektivität wurde auch bei den anderen NAD⁺-Modellverbindungen **2b**, **2c**^[4d] und **2d**^[12] erreicht; man erhielt vorwiegend die gewünschten

[*] Dr. N. Kanomata, M. Suzuki, M. Yoshida, Prof. Dr. T. Nakata
The Institute of Physical and Chemical Research (RIKEN)
Wako-shi, Saitama 351-0198 (Japan)
Fax: (+81) 48-462-4666
E-mail: nobkano@riken.go.jp

[**] N. K. dankt für den Banyu-Preis (Organische Synthesecchemie), Japan, und ein Stipendium zur Förderung der Forschung vom RIKEN. N. K. ist ein Wissenschaftler des Basic Science Program, RIKEN (1994–1997).

NADH-Analoga **3b**, **3c**^[4d] und **3d**^[13] neben den entsprechenden 1,6-Isomeren **4b–d**^[11] im Verhältnis >9:1 (Nr. 5–7 und 9). Die 1,4-Selektivität nahm bei Verlängerung der Reaktionszeiten ab (Nr. 8 und 10), was vermutlich auf eine Isomerisierung von **3c,d** zu **4c,d** in Gegenwart der Pyridinium-Salze **2c,d** zurückzuführen ist.^[14]

Tabelle 2. Schmelzpunkte und NMR-Daten von **2–4**.^[a]

2a: Farbloser Feststoff; Schmp. 172–175 °C; ¹H-NMR: δ = 1.93–2.01 (m, 4H), 3.61 (t, J = 6.6 Hz, 2H), 3.69 (t, J = 6.3 Hz, 2H), 6.44 (s, 2H), 7.34–7.41 (m, 3H), 7.68–7.71 (m, 2H), 8.15 (dd, J = 7.9, 5.9 Hz, 1H), 8.60 (d, J = 7.9 Hz, 1H), 9.53 (s, 1H), 9.71 (d, J = 5.9 Hz, 1H); ¹³C-NMR: δ = 24.0, 26.3, 46.9, 49.6, 64.0, 128.4, 129.5(2 \times), 129.6(2 \times), 129.9, 132.6, 136.9, 143.2, 143.8, 145.7, 161.5.

2b: Farbloser Feststoff; Schmp. 202–204 °C; ¹H-NMR: δ = 1.51–1.75 (m, 6H), 3.45 (m, 2H), 3.66 (m, 2H), 6.40 (s, 2H), 7.36–7.42 (m, 3H), 7.66–7.69 (m, 2H), 8.13 (dd, J = 7.9, 6.3 Hz, 1H), 8.38 (d, J = 7.9 Hz, 1H), 9.27 (s, 1H), 9.74 (d, J = 6.3 Hz, 1H); ¹³C-NMR: δ = 23.9, 25.2, 26.5, 43.6, 49.3, 64.4, 128.4, 129.6(2 \times), 129.8(2 \times), 130.1, 132.4, 136.7, 142.8, 143.4, 145.6, 162.3.

[D₁]-**3a:** Öl; ¹H-NMR (500 MHz): δ = 1.81 (tt, J = 6.8, 3.0 Hz, 4H), 3.16 (br.s, 1H), 3.45 (tt, J = 6.8, 3.0 Hz, 4H), 4.23 (s, 2H), 4.63 (dd, J = 8.1, 3.4 Hz, 1H), 5.74 (dt, J = 8.1, 1.5 Hz, 1H), 6.44 (br.s, 1H), 7.24 (dd, J = 7.7, 1.7 Hz, 2H), 7.27, (tt, J = 7.7, 1.7 Hz, 1H), 7.34 (t, J = 7.7 Hz, 2H).

3b: Öl; ¹H-NMR (500 MHz): δ = 1.49 (quint, J = 5.6 Hz, 4H), 1.61 (quint, J = 5.7 Hz, 2H), 3.14 (dd, J = 3.2, 1.7 Hz, 2H), 3.47 (t, J = 5.7 Hz, 4H), 4.22 (s, 2H), 4.59 (dt, J = 8.1, 3.2 Hz, 1H), 5.76 (dq, J = 8.1, 1.7 Hz, 1H), 6.17 (d, J = 1.7 Hz, 1H), 7.26 (dd, J = 7.2, 2.1 Hz, 2H), 7.28 (tt, J = 7.2, 2.1 Hz, 1H), 7.35 (t, J = 7.2 Hz, 2H); ¹³C-NMR: δ = 24.0, 24.8, 26.1, 46.1, 57.0, 100.7, 102.6, 127.2(2 \times), 127.6, 128.7(2 \times), 129.9; 134.8, 137.9, 171.6.

4a:^[b] ¹H-NMR: δ = 1.80–1.92 (m, 4H, überlappend), 3.44–3.53 (m, 4H, überl.), 3.93 (dd, J = 3.6, 1.6 Hz, 2H), 4.18 (s, 2H), 4.94 (dt, J = 9.9, 3.6 Hz, 1H), 6.22 (dq, J = 9.9, 1.6 Hz, 1H), 7.14 (br.s, 1H), 7.25–7.40 (m, 5H, überl.)

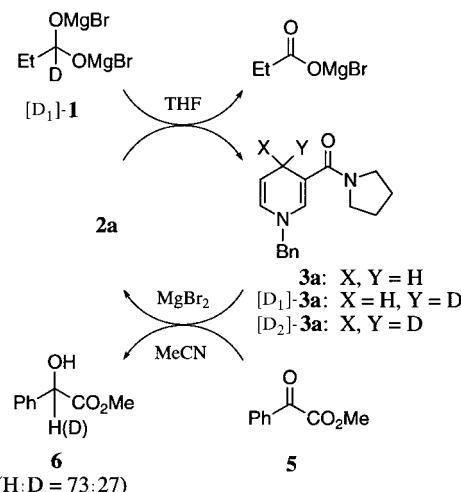
4b:^[b] ¹H-NMR (500 MHz): δ = 1.41–1.73 (m, 6H, überl.), 3.38–3.55 (m, 4H, überl.), 3.93 (dd, J = 3.6, 1.5 Hz, 2H), 4.17 (s, 2H), 4.93 (dt, J = 9.8, 3.6 Hz, 1H), 5.98 (dq, J = 9.8, 1.5 Hz, 1H), 7.06 (br.s, 1H), 7.18–7.40 (m, 5H, überl.)

4c:^[b] ¹H-NMR: δ = 3.50–3.75 (m, 8H, überl.), 3.95 (dd, J = 3.6, 1.5 Hz, 2H), 4.19 (s, 2H), 4.94 (dt, J = 9.7, 3.6 Hz, 1H), 5.96 (dq, J = 9.8, 1.5 Hz, 1H), 7.12 (br.s, 1H), 7.28–7.42 (m, 5H, überl.)

4d:^[c] ¹H-NMR: δ = 3.01 (s, 6H), 3.93 (dd, J = 3.6, 1.5 Hz, 2H), 4.17 (s, 2H), 4.93 (dt, J = 9.9, 3.6 Hz, 1H), 6.06 (dq, J = 9.9, 1.5 Hz, 1H), 7.07 (br.s, 1H), 7.20–7.40 (m, 5H, überl.)

[a] ¹H-NMR: 270 MHz, CDCl₃, sofern nicht anders angegeben. ¹³C-NMR: 125 MHz, CDCl₃. [b] Daten aus den Spektren der Mischungen, die aus der Reduktion von **2a–e** mit NaBH₄ erhalten wurden und große Mengen an **4a–c** enthielten. [c] Daten aus den Spektren der Mischung mit **3d**.

Durch ein Isotopen-Experiment konnte eindeutig bestätigt werden, daß diese Selektivitäten kinetisch kontrolliert sind: Dazu ließen wir **2a** 3 h mit dem deuterierten Diolat [D₁]-**1** (hergestellt aus [D₂]Ameisensäure) in THF bei 50 °C reagieren. Nach Säulenchromatographie an Aluminiumoxid wurde eine Mischung aus **3a** und den entsprechenden mono- und dideuterierten 1,4-Dihydronicotinamiden erhalten ([D₁]-**3a** und [D₂]-**3a**) im Verhältnis 28:60:12 (Schema 2). Dies ist auf einen Deuterium-Wasserstoff-Austausch über eine durch **2a** katalysierte Transhydrierung zurückzuführen.^[15] Dem ²H-NMR-Spektrum der Mischung zufolge befindet sich das Deuteriumatom ausschließlich an C-4 (δ = 3.18). Das bedeutet, daß in den Modellreaktionen das reaktive Wasserstoffatom von **1** auf die C-4-Position der NAD⁺-Analoga **2a–d** übertragen wird. Dieser Prozeß ist der direkten Wasserstoff-



Schema 2. Modell-Übertragungsreaktionen vom GAPDH- und LDH-Typ.

übertragung^[16] von der Thiohemiacetal-Zwischenstufe auf das Coenzym NAD⁺ in der natürlichen GAPDH-Oxidation ähnlich.

Schließlich führten wir aufeinanderfolgende Modellreaktionen vom GAPDH- und LDH-Typ als Eintopfreaktion durch (Schema 2): Das Rohprodukt des deuterierten Dihydronicotinamids (**3a**, [D₁]-**3a** und [D₂]-**3a**) aus der GAPDH-analogen Reaktion von **2a** mit [D₁]-**1** (5 Äquiv.) wurde einfach nach Entfernen des Lösungsmittels THF in der nachfolgenden Reaktion vom LDH-Typ mit Methylbenzoylformiat **5** (5 Äquiv.) in Acetonitril eingesetzt ohne weitere Zugabe von Mg²⁺.^[17] Nach 4 d Röhren bei Raumtemperatur wurde das Lactat-Analogon Methylmandelat **6** in 47proz. Ausbeute (bezogen auf **2a**) und mit einem ¹H-NMR-spektroskopisch bestimmten H:D-Verhältnis von 73:27 erhalten. Anschließend untersuchten wir die Reduktion von **5** mit [D₁]-**3a**, das unabhängig aus **2a** und Natriumdithionit in D₂O in Gegenwart von Mg(ClO₄)₂ hergestellt wurde.^[18] Die teildeuterierte Verbindung **6** wurde mit einem H:D-Verhältnis von 75:25 erhalten. Dieser Wert stimmt in Anbetracht der in der vorangegangenen Reaktion gebildeten relativen Mengen an **3a**, [D₁]-**3a** und [D₂]-**3d** gut mit dem überein, der in den Modell-Übertragungsreaktionen erhalten wurde. Diese Ergebnisse lassen erkennen, daß die bevorzugte Deuterium-Wasserstoff-Übertragung von [D₁]-**1** auf **6** im Redoxzyklus von NAD⁺/NADH-Modellsystemen wie im reellen Coenzym-system in der anaeroben Glycolyse verläuft.

Somit haben wir nach bestem Wissen die erste GAPDH-analoge Oxidation eines Aldehyds zum Carboxylat in einem NAD⁺/NADH-Modellsystem vollzogen und ihre Anwendung auf Modell-Übertragungsreaktionen vom GAPDH- und LDH-Typ demonstriert. Die biomimetische Oxidation unter Verwendung einfacher Modellverbindungen wie **1** und **2a–d** ist also bezüglich des Mechanismus und der Selektivität nahezu äquivalent zu den entsprechenden Reaktionen in biologischen Systemen. Derzeit untersuchen wir Einzelheiten des Mechanismus, die Möglichkeiten und Grenzen der Reaktion sowie die Anwendung auf katalytische Modellsysteme.

Experimentelles

Reaktion von **2a–d** mit **1** (repräsentatives Verfahren): Eine Lösung von **1**, hergestellt aus Ameisensäure (18.9 µL, 0.50 mmol), und eine Lösung von EtMgBr in THF (1.0 M, 1.0 mL, 1.00 mmol) wurden bei RT mit einer Spritze tropfenweise zu einer Suspension von **2a** (34.7 mg, 0.10 mmol) in THF (0.3 mL) gegeben. Die Reaktionsmischung wurde in einem Kulturröhrchen mit Schraubdeckel und Teflon-Einsatzstück unter Argon 1 h auf 90 °C erhitzt. Dann wurde Wasser zugefügt und die Mischung dreimal mit Ether extrahiert. Nach dem Trocknen der vereinigten organischen Phasen über MgSO₄ und Einengen im Vakuum wurde eine 91:9-Mischung aus **3a** und **4a** erhalten (24.7 mg, 92%). Die Mischung wurde durch Säulenchromatographie an Aluminiumoxid mit einem sauerstofffreien Gemisch aus Hexan und Ethylacetat (1:1) weiter gereinigt (Ausb.: 16.6 mg, 62%).

Eingegangen am 22. Dezember 1997 [Z11281]

Stichwörter: Aldehyde · Biomimetische Synthesen · Coenzyme · Redoxchemie · Wasserstofftransfer

- [1] C.-I. Brändén, H. Eklund in *Dehydrogenases Requiring Nicotinamide Coenzymes* (Hrsg.: J. Jeffery), Birkhäuser, Basel, **1980**, S. 40–84.
- [2] Neuere Arbeiten: a) N. Kanomata, T. Nakata, *Angew. Chem.* **1997**, *109*, 1263–1266; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1997**, *36*, 1207–1211, zit. Lit.; b) S. Obika, T. Nishiyama, S. Tatematsu, K. Miyashita, C. Iwata, T. Imanishi, *Tetrahedron* **1997**, *53*, 593–602; c) C. Leroy, V. Levacher, G. Dupas, G. Quéguiner, J. Bourguignon, *Tetrahedron: Asymmetry* **1997**, *8*, 3309–3318.
- [3] V. A. Burgess, S. G. Davies, R. T. Skerlj, *Tetrahedron: Asymmetry* **1991**, *2*, 299–328.
- [4] a) E. Kimura, M. Shionoya, A. Hoshino, T. Ikeda, Y. Yamada, *J. Am. Chem. Soc.* **1992**, *114*, 10134–10137; b) F. Yoneda, H. Yamato, M. Ono, *ibid.* **1981**, *103*, 5943–5945; F. Yoneda, K. Tanaka, H. Yamato, K. Moriyama, T. Nagamatsu, *ibid.* **1989**, *111*, 9199–9202; c) F. Yoneda, Y. Sakuma, *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* **1977**, 825–826; d) S. Shinkai, H. Era, T. Tsuno, O. Manabe, *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **1984**, *57*, 1435–1436; e) S. Shinkai, H. Hamada, H. Kuroda, O. Manabe, *Chem. Lett.* **1980**, 1235–1238; f) Y. Ohnishi, M. Kitami, *Tetrahedron Lett.* **1978**, 4035–4036.
- [5] Beschreibung der Oxidation von Alkoholen ohne Bestätigung der Bildung von 1,4-Dihydropyridinen: a) K. Wallenfels, W. Hanstein, *Angew. Chem.* **1965**, *77*, 861–862; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1965**, *4*, 869–870; b) A. Shirra, C. J. Suckling, *Tetrahedron Lett.* **1975**, 3323–3324; *J. Chem. Soc. Perkin Trans. 2* **1977**, 759–765.
- [6] Y. Ohnishi, S. Tanimoto, *Tetrahedron Lett.* **1977**, 1909–1912.
- [7] A. Ohno, S. Ushida, S. Oka, *Tetrahedron Lett.* **1982**, *23*, 2487–2490; *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **1983**, *56*, 1822–1825. Die Autoren versuchten, Modellreaktionen vom GAPDH-Typ an Glycerinaldehyd und seinen Analoga mit einer NAD⁺-Modellverbindung in wäßrigem Medium durchzuführen. Obwohl eine NADH-Modellverbindung in 8–45% Ausbeute erhalten wurde, konnte die entsprechende Carbonsäure, die oxidierte Form des Substrates, trotz größer Anstrengungen der Autoren nicht detektiert werden. Es wurde bereits nachgewiesen, daß der Mechanismus der Reduktion von dem für die enzymatische Reaktion vorgeschlagenen Mechanismus abweicht.
- [8] J. H. Babler, B. J. Invergo, *Tetrahedron Lett.* **1981**, *22*, 621–622.
- [9] P. J. Harrigan, D. R. Trentham, *Biochem. J.* **1973**, *135*, 695–703.
- [10] A. J. Kirby, D. R. Walwyn, *Gazz. Chim. Ital.* **1987**, *117*, 667–680.
- [11] Die Reduktion von **2a–d** mit NaBH₄ in Ethanol lieferte auch eine signifikante Menge an 1,6-Dihydronicotinamiden, deren ¹H-NMR-Spektren mit denen von **4a–d** übereinstimmen. Alle Signale (5H) des Dihydronicotinoyrlings waren im Spektrum deutlich getrennt von denen der anderen Produkte wie **3a–d**.
- [12] U. Berg, N. Åström, *Acta Chem. Scand.* **1995**, *49*, 599–608.
- [13] a) D. C. Dittmer, A. Lombardo, F. H. Batzold, C. S. Greene, *J. Org. Chem.* **1976**, *41*, 2976–2981; b) J. W. Bunting, V. S. F. Chew, G. Chu, *ibid.* **1982**, *47*, 2303–2307.
- [14] H. Minato, T. Ito, M. Kobayashi, *Chem. Lett.* **1977**, 13–16.
- [15] P. van Eikeren, D. L. Grier, *J. Am. Chem. Soc.* **1977**, *99*, 8057–8060.

[16] W. S. Allison, H. B. White III, M. J. Connors, *Biochemistry* **1971**, *10*, 2290–2296.

[17] Bei der Reaktion von **2a** mit **1** sollte ein Äquiv. MgBr₂ entstehen.

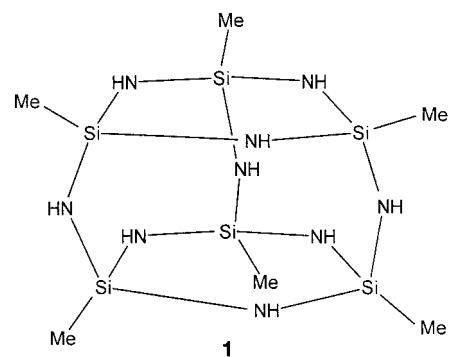
[18] In Abwesenheit von Magnesiumionen konnte die NADH-Modellverbindung **3a** das Substrat **5** nicht zu **6** reduzieren. Deshalb muß in der GAPDH-Modellreaktion ein Aktivator wie MgBr₂ für die folgende LDH-analoge Reaktion zur Verfügung gestellt werden.

Synthese und Struktur von (CH₃Si)₆(NH)₉: ein offener Si-N-Käfig aus Methyltrichlorsilan und Ammoniak

Bodo Räke, Herbert W. Roesky,* Isabel Usón und Peter Müller

Professor Hans Bock zum 70. Geburtstag gewidmet

Silicium-Sickstoff-Verbindungen finden heutzutage immer größere industrielle Verwendung. Siliciumnitrid etwa ist wegen der hohen mechanischen Festigkeit Bestandteil vieler Werkstoffe.^[1] In den letzten Jahren widmete man sich unter anderem der Erforschung der Nitridosilicate. Diese bestehen aus einem dreidimensionalen, hochpolymeren Silicium-Stickstoff-Gerüst mit eingebauten Kationen.^[2] Wir berichteten kürzlich über käfigartige Silicium-Stickstoff-Verbindungen mit kovalent gebundenen Heteroatomen.^[3, 4] Schon länger bekannt sind Cyclopolyalkylsilazane und Alkylsilsesquiazane,^[5] doch wurden diese Verbindungen nicht strukturell untersucht. Erstmals ist es jetzt gelungen, Einkristalle der Verbindung (CH₃Si)₆(NH)₉^[6] röntgenstrukturanalytisch zu untersuchen. Möglich wurde dies durch einen von uns entwickelten Syntheseweg. Dabei entsteht kein Ammoniumchlorid, das nach unseren Erfahrungen schlecht abzutrennen ist und die Züchtung von Einkristallen erschwert.



Ammoniak wird bei –78 °C auf elementares Natrium kondensiert. Beim Zugeben von Methyltrichlorsilan entsteht

[*] Prof. Dr. H. W. Roesky, Dipl.-Chem. B. Räke, Dr. I. Usón, Dipl.-Chem. P. Müller
Institut für Anorganische Chemie der Universität
Tammannstraße 4, D-37077 Göttingen
Fax: (+49) 551-39-3373
E-mail: hroesky@gwdg.de