

chirale Derivat verschieden stark differenzieren und b) die Unterschiede zwischen der Wirkung des jeweiligen Pheromons und **2b** verschieden groß sind.

Frage 2: (*R*)-**2a** wirkt auf den „Alkoholrezeptor“ von *Bombyx mori* um den Faktor 3 besser als das (*S*)-Isomer. (*R*)-**2a** wirkt zehnmal schwächer als das Pheromon **1a**.

Faßt man all diese Daten zusammen, so darf man schließen, daß sich der Alkohol- und der Aldehydrezeptor bei *Bombyx mori* nicht nur in der Struktur des für die Erkennung der funktionellen Endgruppe notwendigen Teiles unterscheiden.

Wesentlich deutlicher ist dies bei *Antheraea pernyi*. Der Acetatrezeptor unterscheidet zwischen den Enantiomeren von **4a**^[14] um den Faktor 3, wobei *S* > *R* ist. Das (*S*)-Enantiomer ist um den Faktor 100 schlechter wirksam als das Pheromon **3a**. Die für den Aldehyd spezifische Zelle beim gleichen Tier differenziert zwischen den Enantiomeren von **4b** um den Faktor 10, wobei jetzt umgekehrt wie beim Acetat *R* > *S* ist. (*R*)-**4b** wirkt dreimal schwächer als das Pheromon **3b**.

Bei der verwandten Art *Antheraea polyphemus* ergibt sich folgendes Bild: Die Enantiomere des Acetates **4a** werden um den Faktor 3 unterschieden mit *S* > *R*, wobei (*S*)-**4a** in der Wirkung um den Faktor 400 gegenüber dem Pheromon **3a** abfällt. Bei der gleichen Spezies differenziert der Aldehydrezeptor (*S*)- und (*R*)-**4b** mit dem Faktor 50, nun wieder mit *R* > *S*; (*R*)-**4b** wirkt zehnmal schwächer als das arteigene Pheromon **3b**.

Da bei beiden *Antheraea*-Arten der Acetatrezeptor das (*S*)- und der Aldehydrezeptor das (*R*)-Enantiomer bevorzugen, darf man schließen, daß die beiden Rezeptoren nicht nur in dem mit der funktionellen Endgruppe des Signalmoleküls korrespondierenden Bereich, sondern auch zumindestens in dem Teil, der die endständige Alkylgruppe des Pheromons einlagert, verschieden gebaut sein müssen. Auch der Unterschied im Wirkungsabfall zwischen den wirksameren Enantiomeren von **4a** und **4b** gegenüber dem Acetatpheromon **3a** und dem Aldehydpheromon **3b** weist auf eine unterschiedliche Struktur beider Rezeptoren hin.

Bei den nahe verwandten Arten *A. pernyi* und *A. polyphemus* sind die Unterschiede zwischen den jeweiligen Acetat- und Aldehydrezeptoren jedoch nicht so ausgeprägt wie zwischen *Bombyx mori* und *Manduca sexta*.

Wir haben vorgeschlagen, daß die Wechselwirkung zwischen Pheromon und Rezeptor ein flexibler dynamischer Prozeß sein soll^[3,4,11]. Bei der Einlagerung verändern sich die Konformationen von Signalmolekül und Rezeptor synchron, bis beide in einer ganz bestimmten Konformation, miteinander durch nichtkovalente Wechselwirkungen verbunden, vorliegen („induced fit“)^[15]. Es wird postuliert, daß die „biologisch aktive“ Konformation des Signalmoleküls am Rezeptor die thermodynamisch stabilste sei^[16]. Wenn jedoch, wie hier gezeigt, für ein Pheromonmolekül bei verschiedenen Spezies und für Moleküle, die sich nur durch die funktionelle Endgruppe unterscheiden, bei gleichen Tieren ebenfalls Rezeptoren mit unterschiedlicher Struktur vorhanden sind, darf man annehmen, daß die dort eingelagerten Konformationen auch nicht gleich, sondern verschieden sind^[17]. Dies bedeutet, daß die biologisch aktive Konformation nur in vereinzelten Fällen die thermodynamisch stabilste ist und daß die Natur von den vielen Konformationen, die bei den Signalmolekülen vorliegen können, Gebrauch macht.

Eingegangen am 22. Juli,
veränderte Fassung am 14. Oktober 1991 [Z 4812]

[1] J. Boeckhoff, E. Tareilus, H. Breer, *EMBO J.* **1990**, *9*, 2453; H. J. Breer, J. Boeckhoff, E. Tareilus, *Nature* **1990**, *345*, 65; J. Boeckhoff, K. Raming, H. Breer, *J. Comp. Physiol. B.* **1990**, *160*, 99.

- [2] D. Lancelot, U. Pace, G. D. Prestwich, G. J. Blomquist, *Pheromone Biochemistry*, Academic Press, **1987**, S. 592.
- [3] Übersicht: H. J. Bestmann, *Verhandlung der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte, 113. Versammlung Nürnberg 1984*, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart, **1985**, S. 301.
- [4] H. J. Bestmann, P. Rösel, O. Vostrowsky, *Liebigs Ann. Chem.* **1979**, 1189.
- [5] Über eine äußerst große Stereospezifität bei dem Spurpheromon der Ameisenart *Leptogenys diminuta* vgl. S. Steghaus-Kovac, U. Maschwitz, A. B. Attygalle, R. T. S. Frighetto, N. Frighetto, O. Vostrowsky, H. J. Bestmann, *Experientia* **1991**, im Druck.
- [6] K. E. Kaissling, G. Kasang, H. J. Bestmann, W. Stransky, O. Vostrowsky, *Naturwissenschaften* **1978**, *65*, 382.
- [7] J. Kochansky, I. Tette, E. F. Taschenberg, R. T. Cardé, K. E. Kaissling, W. L. Roelofs, *J. Insect. Physiol.* **1975**, *21*, 1977; H. J. Bestmann, H. Platz, T. Brosche, J. Erler, A. B. Attygalle, J. Schwarz, O. Vostrowsky, C. Wu, K. E. Kaissling, T. Chen, *Z. Naturforsch. C.* **1987**, *42*, 631.
- [8] Zur Rezeptorspezifität bei *Antheraea* Arten siehe H. J. Bestmann, C. Wu, B. Döhla, K. Li, K. E. Kaissling, *Z. Naturforsch. C.* **1987**, *42*, 435.
- [9] Der vollständige Pheromonkomplex von *Manduca sexta* wurde erst kürzlich aufgeklärt: J. H. Tumlinson, M. M. Brennan, R. E. Doolittle, E. R. Mitchell, A. Brabham, B. E. Mazomemos, A. H. Baumhover, D. M. Jackson, *Arch. Insect Biochem. Physiol.* **1989**, *10*, 255.
- [10] Untersuchungen bei Braunalgen zeigen Unterschiede in den Verhaltensantworten auf gleiche Verbindungen bei verschiedenen Spezies, D. G. Müller, W. Boland, L. Jaenicke, G. Gassmann, *Z. Naturforsch. C.* **1985**, *40*, 457. Braunalgen sind recht einfache Organismen, bei denen man eventuell aufgrund unterschiedlicher Verhaltensantworten auf unterschiedliche Rezeptorstrukturen schließen kann. Bei höher entwickelten Organismen wie Schmetterlingen ist dies wohl nur in seltenen Fällen oder gar nicht gestattet. Verhaltensantworten sind das Ergebnis von Signalverarbeitungen im Zentralsystem. Die von uns hier gestellten Fragen betreffen jedoch die primäre Wechselwirkung zwischen Signalmolekül und seinem Rezeptor in der Dendritenmembran, die letztlich die Öffnung der Ionenkanäle initiiert.
- [11] H. J. Bestmann, H. L. Hirsch, H. Platz, M. Rheinwald, O. Vostrowsky, *Angew. Chem.* **1980**, *92*, 492; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1980**, *19*, 475.
- [12] D. Schneider, *Z. Vgl. Physiol.* **1957**, *40*, 9.
- [13] K. E. Kaibling, J. Thorson, D. B. Satelle, L. M. Hall, J. D. Hildebrand, *Receptors for Neurotransmitters, Hormones and Pheromones in Insects*, Elsevier/North Holland Biomedical Press, Amsterdam, **1980**, S. 261.
- [14] Über die Synthese der Enantiomere von **4** werden wir gesondert berichten.
- [15] H. J. Bestmann, C. Rehfeld, *Naturwissenschaften* **1989**, *76*, 422.
- [16] T. Liljefors, B. Thelin, J. N. C. Van der Peers, C. Löfstedt, *J. Chem. Soc. Perkin Trans. 2* **1985**, 1957; T. Liljefors, M. Bengtsson und B. S. Hansson, *J. Chem. Ecol.* **1987**, *13*, 2023; M. Bengtsson, T. Liljefors, B. S. Hansson, C. Löfstedt, S. V. Copaja, *ibid.* **1990**, *16*, 667.
- [17] Auf Fragen der Konformation von Signalstoffen am Rezeptor gehen auch O. L. Chapman, J. Klun, K. C. Mattes, R. S. Sheridan, S. Maini, *Science* **1978**, *201*, 926; *J. Am. Chem. Soc.* **1978**, *100*, 4878 ein. Hierbei ist zu beachten, daß Rückschlüsse auf Verhaltensantworten gezogen werden (vgl. Lit. [10]). Die erhaltenen Ergebnisse weichen von denen elektrophysiologischer Messungen ab (Lit. [11]).

[SbCl₆][15]Krone-5) und [SbCl₆]₂ und [BiCl₆][18]Krone-6)(CH₃CN)₂][SbCl₆]₂: Salze mit Antimon(III)- und Bismut(III)-Dikationen

Von Michael Schäfer, Gerlinde Frenzen, Bernhard Neumüller und Kurt Dehnicke*

Professor Wolfgang Beck zum 60. Geburtstag gewidmet

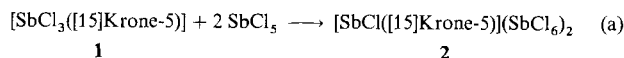
In Antimon-Kronenetherkomplexen [SbX₃][15]Krone-5) mit X = F, Cl (1), Br, I ist das Antimonatom von den fünf O-Atomen des Kronenethers und den drei Halogenatomen sandwichartig achtfach koordiniert^[1-3]. Das freie Elektronenpaar am Antimonatom weist in Richtung auf den von dem Kronenether gebildeten Hohlraum und enthält nach ¹²¹Sb-Mößbauer-spektroskopischen Befunden einen hohen s-Anteil^[2,3].

Unter Ausnutzung der sterischen Wirksamkeit des freien Elektronenpaares in diesen Kronenetherkomplexen gelang

* Prof. Dr. K. Dehnicke, Dr. M. Schäfer, Dr. G. Frenzen, Dr. B. Neumüller Fachbereich Chemie der Universität Hans-Meerwein-Straße, W-3550 Marburg

es uns erstmalig, ein Antimon(III)-Dikation, und, mit der analogen Synthesestrategie, auch ein Bismut(III)-Dikation herzustellen. Von Bismut(III) ist bisher nur der dikationische Thioharnstoff-Komplex $[\text{Bi}(\text{NO}_3)\{\text{SC}(\text{NH}_2)_2\}_2]^{2+}$ bekannt, der oktaedrisch ist und keine stereochemische Wirkung des freien Elektronenpaares erkennen läßt^[4].

Das Antimon(III)-Dikation entsteht bei der Einwirkung von Antimonpentachlorid im Überschuß auf **1** in Acetonitril in Form farbloser Kristalle [Gl. (a)]. Nach der Kristallstruk-



turanalyse^[5] liegen zwei symmetrieeunabhängige Kationen vor, die sich nur wenig voneinander unterscheiden; Abbildung 1 zeigt eines von ihnen. Das Antimonatom ist nahezu

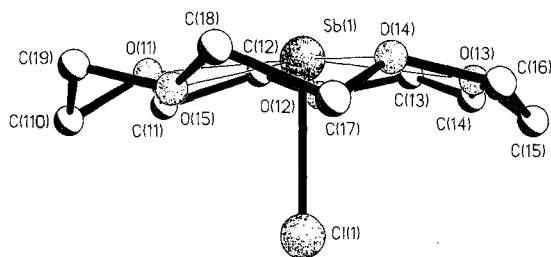


Abb. 1. Molekülstruktur eines der beiden symmetrieeunabhängigen Ionen $[(\text{SbCl}([15]\text{Krone-5}))]^{2+}$ von **2** im Kristall. Bindungslängen und -winkel siehe Text.

pentagonal-planar von den fünf O-Atomen des Kronenethers und einem axial angeordneten Cl-Atom umgeben, was etwa C_{5v} -Symmetrie entspricht. Das Sb-Atom befindet sich nur 26 (Individuum 1) oder 17 pm (Individuum 2) oberhalb der besten Ebene der fünf O-Atome; es ist damit etwas in Richtung des freien Elektronenpaares ausgelenkt. Während beim Übergang von der Halbsandwich-Anordnung in **1**^[1] zum Dikation von **2** die Sb-Cl-Abstände im Mittel von 241.7 nur geringfügig auf 236.5 pm (Mittelwert beider Individuen) verkürzt werden, schrumpfen die Sb-O-Abstände von 290 auf 232 pm. Sie rücken damit bereits in den Bereich von Bindungslängen kovalenter Sb-O-Bindungen, wie sie z. B. für die Abstände $\text{Sb-O}_{\text{axial}}$ in SbOF mit fünffach koordiniertem Antimonatom gefunden werden (222 bzw. 230 pm^[6]).

Im ^{121}Sb -Mößbauer-Spektrum von **2** (Abb. 2) lassen sich die beiden Resonanzsignale mit Beträgen der Isomerieverschiebung ν von -16.8 mm s^{-1} und -3.0 mm s^{-1} den Antimonplätzen von Kation bzw. Anion^[7] zuordnen. Während für das SbCl_6^- -Ion wegen seiner nur wenig von O_h abweichenden Symmetrie der kleine elektrische Feldgradient zu einer Quadrupolaufspaltung ΔE_Q von nur 5.1 mm s^{-1} führt, wird für das Kation von **2** ein ΔE_Q -Wert von 16.0 mm s^{-1} gemessen. Die im Vergleich zu **1** ($\nu = 17.0 \text{ mm s}^{-1}$ ^[12]) nahezu unveränderte Isomerieverschiebung von **2** ist ein Anzeichen für einen ähnlich hohen s-Anteil des freien Elektronenpaares in beiden Komplexen. Dagegen ist die Erhöhung der Quadrupolaufspaltung von 10.2 mm s^{-1} in **1** auf 16.0 mm s^{-1} in **2** Ausdruck der relativ großen p_x - p_y -Bindungsanteile an den fünf Sb-O-Bindungen des äquatorial angeordneten Kronenethers, was gut mit den kurzen Sb-O-Abständen korreliert. Zu ähnlichen Befunden führten Struktur- und ^{119}Sn -Mößbauer-Untersuchungen an Zinn-Kronenetherkomplexen $[\text{SnCl}([18]\text{Krone-6})]\text{X}$ ($\text{X} = \text{ClO}_4^-, \text{SnCl}_3^-$)^[8, 9].

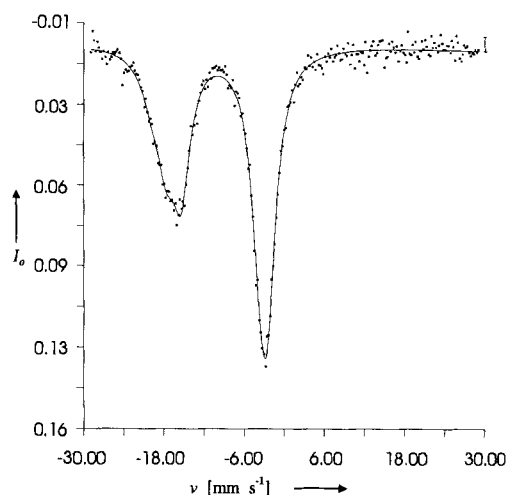
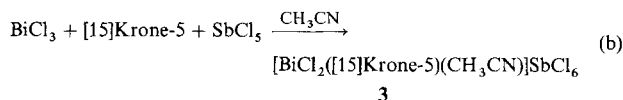


Abb. 2. ^{121}Sb -Mößbauer-Spektrum von **2** bei 4.2 K. I_0 = Resonanzabsorption, ν = Isomerieverschiebung.

Wird Bismuttrichlorid mit Antimonpentachlorid in Gegenwart von [15]Krone-5 analog Gleichung (a) umgesetzt, so entsteht nur das Monokation **3** [Gl. (b)]. Wie die Kristall-



strukturanalyse^[10] zeigt (Abb. 3), ist der Hohlraum des Kronenethers offensichtlich zu klein zur Aufnahme des Bi-Atoms. Tatsächlich entsteht das Dikation **4** aber bei Verwen-

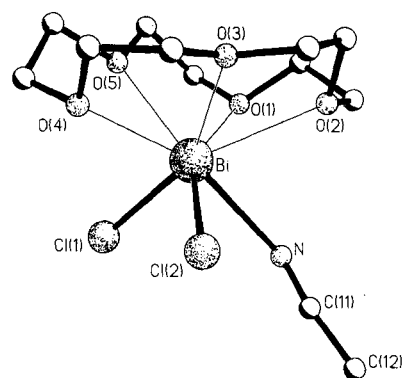
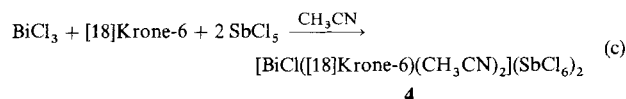


Abb. 3. Struktur des $[\text{BiCl}_2([15]\text{Krone-5})(\text{CH}_3\text{CN})]^+$ -Ions von **3** im Kristall. Ausgewählte Bindungslängen [pm] und -winkel $[\circ]$: Bi-Cl(1) 251.5(7), Bi-Cl(2) 248.9, Bi-N 265(3); Cl(1)-Bi-Cl(2) 93.6(3), Cl(1)-Bi-N 82.6(7), Cl(2)-Bi-N 79.7(6).

dung des größeren Kronenethers [18]Krone-6 [Gl. (c)]. Es sei bemerkt, daß die Bildung des Dikations in **4** nicht nur von der Größe des Kronenethers abhängt, sondern auch durch die Lewis-Acidität des Antimonpentachlorids bedingt ist, da die entsprechende Umsetzung mit Bismuttrichlorid als Lewis-



Säure zu $[\text{BiCl}_2(\text{[18]Krone-6})]_2^{2+}[\text{Bi}_2\text{Cl}_8]^{2-}$ führt, also nur zum Monokation $[\text{BiCl}_2(\text{[18]Krone-6})]^{+1}$. In diesem sind die Bindungslängen Bi-Cl und Bi-O ganz ähnlich wie in 3.

Nach der Kristallstrukturanalyse von **4**^[12] ist der Hohlraum des Kronenethers offensichtlich etwas zu groß, um eine coplanare Anordnung des Bi-Atoms mit den sechs O-Atomen zu ermöglichen (Abb. 4). Stattdessen ist das Bi-Atom

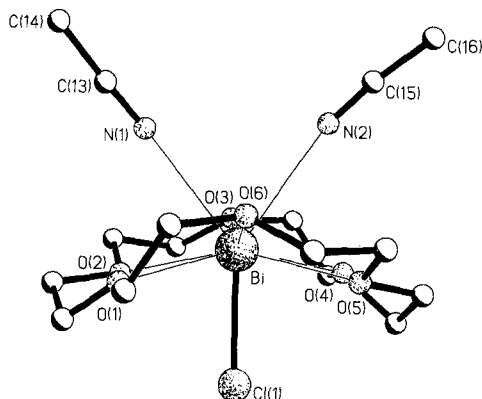


Abb. 4. Struktur des $[\text{BiCl}_2(\text{[18]Krone-6})(\text{CH}_3\text{CN})_2]^{2+}$ -Ions von **4** im Kristall. Ausgewählte Bindungslängen [pm] und -winkel [°]: Bi-Cl(1) 247.9(6), Bi-N(1) 282(2), Bi-N(2) 286(3); Cl(1)-Bi-N(1) 141.0(6), Cl(1)-Bi-N(2) 144.8(5), N(1)-Bi-N(2) 74.1(7).

von den O-Atomen des Kronenethers verzerrt prismatisch umgeben, und das Cl-Atom und die N-Atome der Acetonitril-Liganden besetzen je eine Prismenfläche. Damit wird verständlich, warum die Acetonitril-Liganden nicht wie bei **3** an der vom Kronenether abgewandten Seite koordinieren können. Eine denkbare sterische Wirkung des freien Elektronenpaares am Bi-Atom läßt sich, wie meistens bei Bi^{III} -Verbindungen^[13], nicht sicher feststellen. Nicht auszuschließen ist jedoch eine mögliche Vorzugsrichtung des freien Elektronenpaares entlang der Cl-Bi-Achse.

Eingegangen am 5. Oktober 1991 [Z 4955]

CAS-Registry-Nummern:

1, 107198-25-4; **2**, 138694-72-1; **3**, 138694-74-3; **4**, 138694-76-5.

- [1] E. Hough, D. G. Nicholson, A. K. Vasudevan, *J. Chem. Soc. Dalton Trans.* **1987**, 427.
- [2] M. Schäfer, J. Pebler, B. Borgsen, F. Weller, K. Dehnicke, *Z. Naturforsch. B.* **1990**, *45*, 1243.
- [3] M. Schäfer, J. Pebler, K. Dehnicke, *Z. Anorg. Allg. Chem.*, im Druck.
- [4] G. B. Jameson, E. Blaszo, H. R. Oswald, *Acta Crystallogr. Sect. C* **1984**, *40*, 350.
- [5] Kristalldaten von **2** · 1.5 CH_3CN (− 65 °C): Raumgruppe $P2_12_12_1$, $a = 1274.9(3)$, $b = 1937.7(4)$, $c = 2765.6(6)$ pm, $Z = 8$, Vierkreisdiffraktometer Enraf-Nonius CAD4, MoK_α -Strahlung, Graphit-Monochromator, ω -Scan, $\theta = 2-23^\circ$, 2897 beobachtete unabhängige Reflexe ($F_o \geq 4\sigma(F_o)$), H-Atomlagen isotrop, $R = 0.061$, $R_w = 0.045$ [12].
- [6] A. Åström, *Acta Chem. Scand.* **1972**, *26*, 3849.
- [7] Für das SbCl_6^- -Ion in $[\text{Rb}_4\text{Sb}^{\text{III}}\text{Cl}_6]\text{Sb}^{\text{V}}\text{Cl}_6$ wird eine Isomerieverschiebung von -3.2 mm s^{-1} angegeben: D. I. Baltrunas, S. P. Ionov, A. Yu. Aleksandrov, E. F. Makarov, *Chem. Phys. Lett.* **1973**, *20*, 55.
- [8] R. H. Herber, G. Carraquillo, *Inorg. Chem.* **1981**, *20*, 3693.
- [9] M. G. B. Drew, D. G. Nicholson, *J. Chem. Soc. Dalton Trans.* **1986**, 1543.
- [10] Kristalldaten von **3** (− 80 °C): Raumgruppe $P2_1/n$, $Z = 4$, Vierkreisdiffraktometer Enraf-Nonius CAD4, MoK_α -Strahlung, Graphit-Monochromator, ω -Scan, $\theta = 2-25^\circ$, 2188 beobachtete unabhängige Reflexe ($F_o \geq 4\sigma(F_o)$), H-Atomlagen mit konstanten Temperaturfaktoren in berechneten Positionen, fehlgeordnete Cl-Atome an Sb(1) mit gemeinsamen Temperaturfaktoren, $\mu(\text{MoK}_\alpha) = 86.1 \text{ cm}^{-1}$, $R = 0.085$, $R_w = 0.060$ [12].
- [11] N. W. Alcock, M. Ravindran, G. R. Willey, *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* **1989**, 1063.

[12] Kristalldaten von **4** (− 80 °C): Raumgruppe $P\bar{1}$, $Z = 2$, Vierkreisdiffraktometer Enraf-Nonius CAD4, MoK_α -Strahlung, Graphit-Monochromator, ω -Scan, $\theta = 1.5-28^\circ$, 4388 beobachtete unabhängige Reflexe ($F_o \geq 4\sigma(F_o)$), H-Atomlagen mit konstanten Temperaturfaktoren in berechneten Positionen, $\mu(\text{MoK}_\alpha) = 69.9 \text{ cm}^{-1}$, $R = 0.089$, $R_w = 0.079$. Weitere Einzelheiten zu den Kristallstrukturuntersuchungen können beim Fachinformationszentrum Karlsruhe, Gesellschaft für wissenschaftlich-technische Information mbH, W-7514 Eggenstein-Leopoldshafen 2, unter Angabe der Hinterlegungsnummer CSD-55941, der Autoren und des Zeitschriftenzitats angefordert werden.

[13] A. F. Wells, *Structural Inorganic Chemistry*, Clarendon Press, Oxford, **1984**.

Starke hyperkonjugative und induktive Effekte auf C-C-X-Bindungswinkel (X = Hauptgruppenelement): Kristallstruktur von Triethylboran und ab-initio-Untersuchungen**

Von Roland Boese*, Dieter Bläser, Norbert Niederprüm, Markus Nüsse, Waldemar A. Brett, Paul von Ragué Schleyer*, Michael Bühl und Nicolaas J. R. van Eikema Hommes

In scheinbar einfachen Verbindungen sind bemerkenswerte Abweichungen von erwarteten Geometrien zu finden. So ergaben Strukturbestimmungen von Molekülen mit dreifach koordiniertem Bor und dem Strukturelement $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{B}$ ungewöhnlich große C-C-B-Winkel von bis zu $120.2(5)^\circ$ ^[1]. Derart starke Aufweitungen des Tetraederwinkels (109.47°) beruhen sicherlich nicht alleine auf abstoßenden intramolekularen^[2] oder intermolekularen^[3] Wechselwirkungen. So beträgt der C-C-B-Winkel in der Hochtemperaturphase von Triethylboroxin **1** $118.3(1)^\circ$ ^[3], wobei keine starken abstoßenden Wechselwirkungen erkennbar sind – die kürzesten intermolekularen nichtbindenden $\text{H} \cdots \text{H}$ -Abstände betragen 2.39 \AA .

Sind die großen C-C-B-Bindungswinkel auf Hyperkonjugation zurückzuführen? Um diese Frage zu beantworten, verglichen wir die Resultate der Röntgenstrukturanalyse von Et_3B **2**^[4], das ein formal unbesetztes Bor-p-Orbital aufweist, mit denen des Natriumsalzes von Et_4B^- **3**^[6], in dem keine Hyperkonjugation möglich ist. Weiterhin haben wir ab-initio-Geometrieoptimierungen auf dem MP2/6-31 G*-Niveau^[7] an **2** und **3** durchgeführt und darüber hinaus an Ethylboran (in mehreren Konformationen), an $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{BH}_3^-$, sowie der gesamten Serie von Verbindungen des Typs $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{X}$ mit Elementen der zweiten (X = Li, BeH, BH_2 , CH_3 , NH_2 , OH, F) und dritten (Na, MgH, AlH_2 , SiH_3 , PH_2 , SH, Cl) Periode. Mit all diesen Daten ist es möglich, die Befunde bei den Borverbindungen in einem allgemeinen Zusammenhang zu interpretieren.

Die Molekülstruktur von **2** (Abb. 1 links) weicht nur leicht von der erwarteten C_{3h} -Symmetrie ab. Die B-C-Abstände betragen $1.573(1) \text{ \AA}$ (Mittelwert). Die kürzesten nichtbindenden $\text{H} \cdots \text{H}$ -Abstände sind 2.50 \AA (intramolekular, zwischen den Ethylgruppen) und 2.44 \AA (intermolekular,

[*] Priv.-Doz. Dr. R. Boese, Dipl.-Ing. D. Bläser, Dr. N. Niederprüm, M. Nüsse, Dr. W. A. Brett
Institut für Anorganische Chemie der Universität-Gesamthochschule
Universitätsstraße 3–5, W-4300 Essen 1
Prof. Dr. P. von R. Schleyer, Dr. N. J. R. van Eikema Hommes,
Dipl.-Chem. M. Bühl
Institut für Organische Chemie der Universität Erlangen-Nürnberg
Henkestraße 42, W-8520 Erlangen, Germany

[**] Diese Arbeit wurde vom Fonds der Chemischen Industrie, in Erlangen von der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Convex Computer Corporation unterstützt. N. J. R. van E. H. war Stipendiat der Alexander-von-Humboldt-Stiftung und M. B. Stipendiat der Studienstiftung des Deutschen Volkes.