

Kernresonanzspektroskopische Untersuchungen an Borverbindungen, XIX¹⁾¹³C-NMR-Studien an Monoaminoboranen und Borazinen

Heinrich Nöth * und Bernd Wrackmeyer

Institut für Anorganische Chemie der Universität München,
Meiserstr. 1, D-8000 München 2

Eingegangen am 16. Juli 1980

Chemische Verschiebungen $\delta^{13}\text{C}$ von Aminoboranen $\text{R}_2\text{BNR}'_2$ **1** und $\text{X}_2\text{BNR}'_2$ **2** sowie von Borazinen (RBNR'_3) **3** und (XBNR'_3) **4** ($\text{X} = \text{F, Cl, Br, I, OR, SR, NR}_2$) können mit der Wirkung eines γ -Effekts von R und X auf $\delta^{13}\text{C}(\text{BC})$ und $\delta^{13}\text{C}(\text{NC})$ erklärt werden. Es bestehen Analogien zu Alkenen, Imoniumsalzen und Benzolderivaten. – Heteronucleare $^{13}\text{C}\{^1\text{H}, ^{11}\text{B}\}$ -Tripelresonanzexperimente erlauben die Betrachtung scharfer $^{13}\text{C}(\text{BC})$ -Resonanzsignale.

NMR Spectroscopic Studies of Boron Compounds, XIX¹⁾¹³C NMR Studies on Monoaminoboranes and Borazines

Chemical shifts $\delta^{13}\text{C}$ of aminoboranes $\text{R}_2\text{BNR}'_2$ **1** and $\text{X}_2\text{BNR}'_2$ **2** as well as of borazines (RBNR'_3) **3** and (XBNR'_3) **4** ($\text{X} = \text{F, Cl, Br, I, OR, SR, NR}_2$) can be explained by the action of a γ -effect exerted by R and X on the shielding of $^{13}\text{C}(\text{BC})$ and $^{13}\text{C}(\text{NC})$. Analogies exist with similar effects in alkenes, imonium salts and benzene derivatives. – Heteronuclear $^{13}\text{C}\{^1\text{H}, ^{11}\text{B}\}$ triple resonance experiments permit the observation of sharp $^{13}\text{C}(\text{BC})$ resonance signals.

Für metallorganische Verbindungen ergänzt die ¹³C-NMR-Spektroskopie die anderen, zur Strukturaufklärung eingesetzten Methoden. Dies gilt auch für die Organoborchemie, obwohl die ¹³C-NMR-Signale von unmittelbar dem Bor-Atom benachbarten C-Atomen wegen der kernmagnetischen Eigenschaften des Bors (¹¹B: $I = 3/2$, ¹⁰B: $I = 3$) oft sehr breit und daher nicht immer leicht beobachtbar sind. Da aber mittels Doppel- und Tripelresonanzexperimenten im PFT-Betrieb selbst intensitätsschwache Resonanzsignale aufzufinden sind, kommt dieser Methode zunehmende Bedeutung zu²⁾. Mittels $^{13}\text{C}\{^1\text{H}, ^{11}\text{B}\}$ -Experimenten^{1,3)} gelingt die Auflösung von ¹³C-Signalen borgebundener C-Atome, die ohne das Tripelresonanzexperiment überlappen würden. Daher ist es sinnvoll, auch Verbindungen vom Typ $\text{R}_2\text{BNR}'_2$ bzw. $\text{R}_2\text{BNRR}'$ zu untersuchen (vgl. Abb. 1).

Im Gegensatz dazu erlauben es konventionelle Methoden, hier die $^{13}\text{C}\{^1\text{H}\}$ -Breitband-Messung, ¹³C-NMR-Signale N-gebundener Alkylreste zu beobachten, da die Quadrupolrelaxation von ¹⁴N sehr schnell, $J(^{14}\text{N}^{13}\text{C})$ gewöhnlich klein ist und auch $^2J(^{13}\text{CN}^{11}\text{B})$ nur wenig zur Linienverbreiterung beiträgt.

Chem. Ber. 114 (1981)

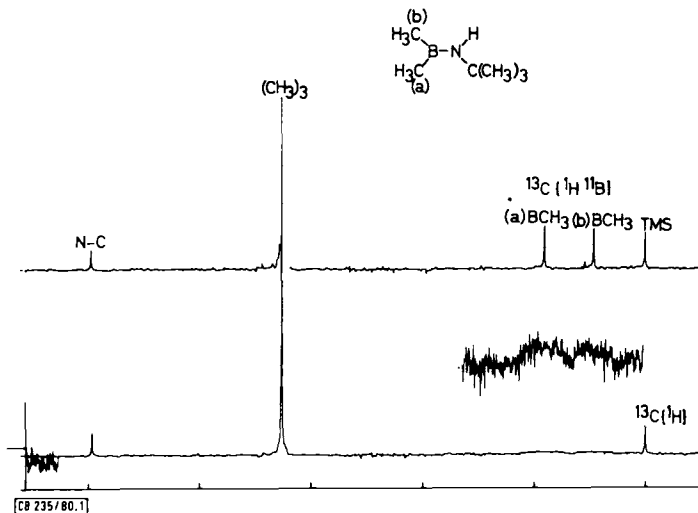


Abb. 1. $^{13}\text{C}\{^1\text{H}\}$ - und $^{13}\text{C}\{^1\text{H}, ^{11}\text{B}\}$ -NMR-Spektrum von $(\text{CH}_3)_2\text{BNHC}(\text{CH}_3)_3$ (10% in CDCl_3 ; je 500 Pulse, Pulswinkel $6\ \mu\text{s} \cong 30^\circ$; Acquisitionszeit: 1.53 s)

Monoaminoborane

Alkene und Monoaminoborane (Borazene) sind bekanntlich isoelektronisch und isostrukturell. Der analoge Trend in physikalisch-chemischen Daten belegt dies ebenso wie Strukturuntersuchungen. Um die Möglichkeiten der ^{13}C -NMR-Spektroskopie als ergänzende Methode aufzuzeigen, war eine systematische Studie an dieser Klasse von BN-Verbindungen erforderlich. Tab. 1 und 2 enthalten die von uns gemessenen Daten.

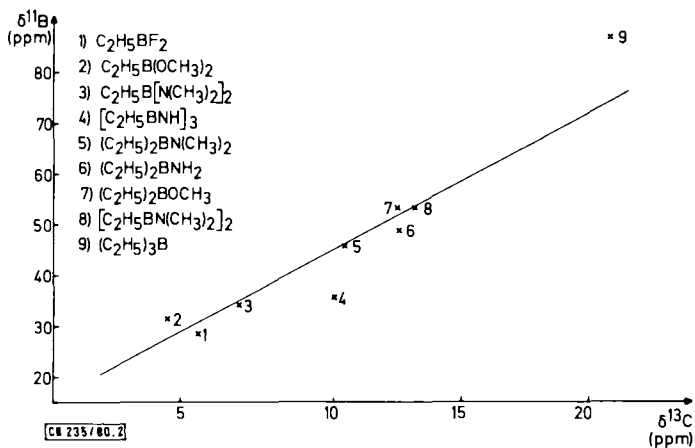
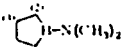
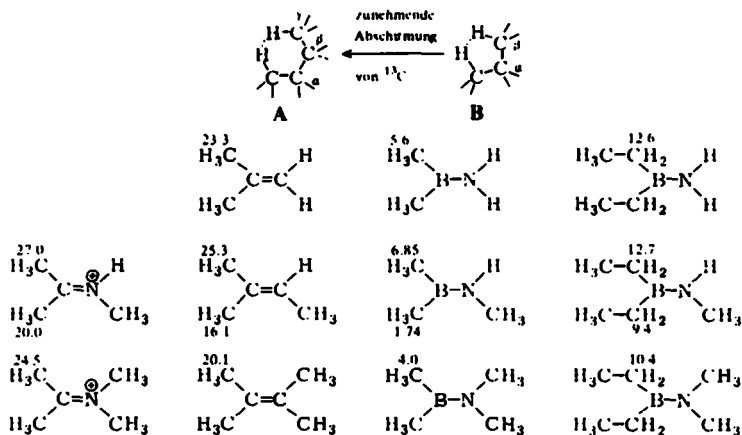


Abb. 2. ^{11}B - und ^{13}C -chemische Verschiebungen für Ethylborane $\text{B}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$, $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{BX}$ und $\text{C}_2\text{H}_5\text{BX}_2$

Tab. 1. ^{11}B - und ^{13}C -chemische Verschiebungen von Aminoboranen $\text{R}_2\text{BNR}'_2$ I

Nr. I	Verbindung	$\delta^{13}\text{C}$ (B - R) [ppm]	$\delta^{13}\text{C}$ (N - R') [ppm]	$\delta^{11}\text{B}$ [ppm]
a	$(\text{CH}_3)_2\text{B} - \text{NH}_2$	5.6	-	47.1
b	$(\text{CH}_3)_2\text{B} - \text{N}(\text{CH}_3)_2$	4.0	39.20	44.6
c	$(\text{CH}_3)_2\text{B} - \text{N}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$	4.5	43.00, 15.83	44.9
d	$(\text{CH}_3)_2\text{B} - \text{N}[\text{Si}(\text{CH}_3)_3]_2$	9.5	1.80	59.5
e	$(\text{CH}_3)_2\text{B} - \text{N}[\text{Sn}(\text{CH}_3)_3]_2$	12.7	- 1.90	
f	$(\text{CH}_3)_2\text{B} - \text{NHCH}_3$	6.85 (<i>trans</i>), 1.74 (<i>cis</i>)	29.60	46.1
g	$(\text{CH}_3)_2\text{B} - \text{NHC}(\text{CH}_3)_3$	4.54 (<i>trans</i>), 8.98 (<i>cis</i>)	49.7, 32.6	45.1
h	$(\text{CH}_3)_2\text{B} - \text{NCH}_3 - \text{B}(\text{CH}_3)\text{N}(\text{CH}_3)_2$	4.30 (<i>trans</i>), 7.10 (<i>cis</i>)	1.4 (BCH_3), 32.6 (NCH_3), 38.5 ($\text{N}(\text{CH}_3)_2$)	46.3, 38.6
i	$(\text{CH}_3)_2\text{B} - \text{NHSi}(\text{CH}_3)_3$	6.12 (<i>trans</i>), 9.71 (<i>cis</i>)	1.53	51.6
k	$(\text{CH}_3)_2\text{B} - \text{N}(\text{CH}_3)\text{Si}(\text{CH}_3)_3$	6.44 (<i>trans</i>), 8.63 (<i>cis</i>)	33.66, 1.46	51.4
l	 $\text{B} - \text{N}(\text{CH}_3)_2$	17.2 (2), 27.6 (3)	40.50	51.4
m	$(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{B} - \text{NH}_2$	12.6, 8.76 (CH_3)	-	48.7
n	$(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{B} - \text{N}(\text{CH}_3)_2$	10.4, 8.64 (CH_3)	38.8	45.7
o	$(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{B} - \text{N}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$	10.5, 9.15 (CH_3)	42.32	45.9
p	$(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{B} - \text{NHCH}_3$	12.73 (<i>trans</i>) 9.42 (<i>cis</i>)	9.0, 8.72 29.32	46.8
q	$(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{B} - \text{NHSi}(\text{CH}_3)_3$	12.83 (<i>trans</i>) 13.57 (<i>cis</i>)	9.09, 8.18 1.53	53.0
r	$(\text{tert-C}_4\text{H}_9)_2\text{B} - \text{N}(\text{CH}_3)_2$	24.8, 31.26 (C^{H})	44.00	49.9
s	$[(\text{CH}_3)_3\text{Si}]_2\text{B} - \text{N}(\text{CH}_3)_2$	1.33	47.90	57.6
t	$[(\text{CH}_3)_3\text{Sn}]_2\text{B} - \text{N}(\text{CH}_3)_2$	- 8.70	51.90	63.9

Für eine begrenzte Zahl von Methylboranen besteht eine lineare Beziehung zwischen $\delta^{11}\text{B}$ und $\delta^{13}\text{C}(\text{BCH}_3)^4$. Zunehmende Abschirmung des Bor-Kerns äußert sich auch in einer zunehmenden Abschirmung des an Bor gebundenen Methyl-Kohlenstoffs. Dieser Trend gilt offenbar auch für andere Alkylborane (vgl. Abb. 2).

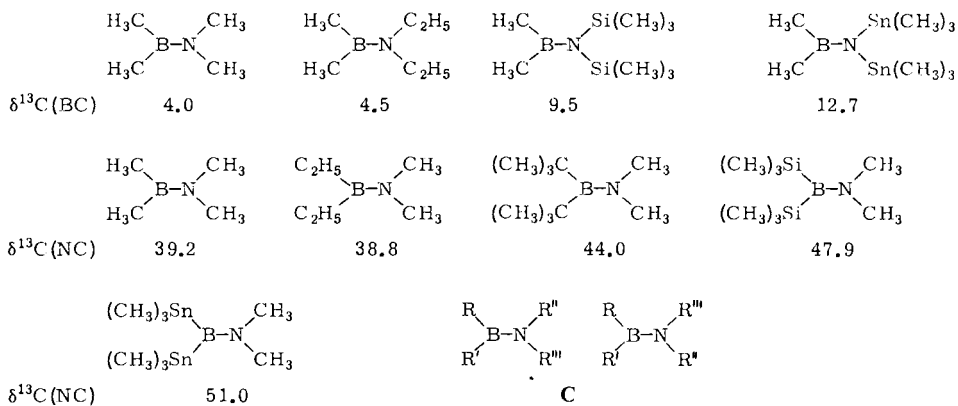


Die angegebenen Ziffern repräsentieren die $\delta^{13}\text{C}$ -Werte des betreffenden C-Atoms, über bzw. unter dem der Wert steht.

Die Verschiebungsdifferenzen $\Delta^{13}\text{C}$ und $\Delta^{11}\text{B}$ unterscheiden sich für verschiedene Reste R. Dies deutet auf unterschiedliche Effekte dieser Substituenten hin. Sterische Effekte lassen sich mittels des sogenannten γ -Effekts überprüfen⁵⁾. Dieser wird entweder auf Wechselwirkungen vom Typ **A** oder auf Verlust der Wechselwirkungen vom Typ **B** mit Protonen am β -C-Atom zurückgeführt⁶⁾.

Die $\delta^{13}\text{C}$ -Daten der oben stehenden Vergleichsverbindungen von Alkenen⁵⁾ und Imoniumsalsen⁷⁾ zeigen den Einfluß γ -ständiger Methylgruppen. Analoge Einflüsse findet man auch für die $\delta^{13}\text{C}(\text{BC})$ -Werte von (Dialkyl)aminoboranen, und sie ermöglichen somit die Zuordnung der $^{13}\text{C}(\text{BC})$ -Signale.

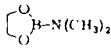
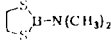
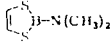
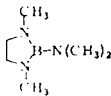
δ -Effekte wirken entschirmend. Wie die $\delta^{13}\text{C}(\text{BC})$ - und $\delta^{13}\text{C}(\text{NC})$ -Werte der folgenden Aminoborane lehren, verschiebt sich die Resonanz mit zunehmender Größe der Substituenten am Bor oder Stickstoff zu höheren Frequenzen. Dies ermöglicht die korrekte Zuordnung der $^{13}\text{C}(\text{BC})$ -Resonanzsignale in den Diethyl(silylamino)boranen und damit auch die Zuordnung von ^{13}C -NMR-Signalen bei Isomeren vom Typ **C**.

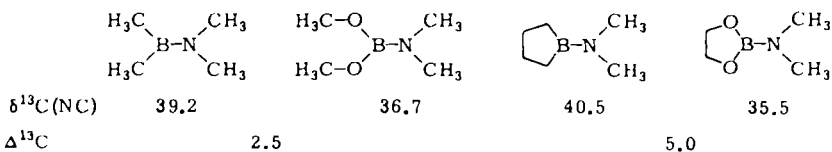


Bei B-funktionellen Monoaminoboranen $\text{X}_2\text{B}-\text{NR}'$ steht ein Heteroatom X in γ -Stellung zum C-Atom der N-Methylgruppe. Nach den in Tab. 2 aufgelisteten $^{13}\text{C}(\text{NC})$ -Daten nimmt die Abschirmung dieses Kohlenstoffkerns in der Reihe $\text{X} = \text{F} > \text{Cl} > \text{Br} > \text{I}$ ab und der gleiche Trend kündigt sich für $\text{X} = \text{O} > \text{S}$ an. Dieser Abschirmungseffekt von O und F in γ -Stellung wurde bereits bei Heterocyclen und substituierten Cycloalkanen gefunden; und es wurde beobachtet, daß dieser bei antiperiplanarer Stellung von $\text{X} = \text{O}, \text{F}$ zum ^{13}C -Atom maximal wird⁸⁾. Gleiches zeichnet sich auch für die Aminoborane ab, wie die Gegenüberstellung von B-Alkyl- und B-Alkoxyboranen zeigt, wobei man annehmen darf, daß in den heterocyclischen Verbindungen die Gerüstatome weniger von der Planarität abweichen als in den Vergleichsverbindungen.

Die vorliegenden Ergebnisse lassen erwarten, daß man über ^{13}C -NMR-Untersuchungen an Bis- und Tris(dialkylamino)boranen weitere Informationen über ihre Konformation in Lösung erhalten wird.

Tab. 2. ^{11}B - und ^{13}C -chemische Verschiebungen von Aminoborane $\text{X}_2\text{BNR}'_2$ 2

Nr. 2	Verbindung	$\delta^{13}\text{C}(\text{B}-\text{X})$ [ppm]	$\delta^{13}\text{C}(\text{N}-\text{R}')$ [ppm]	$\delta^{11}\text{B}$ [ppm]
a	$\text{F}_2\text{B}-\text{N}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$	—	39.20, 10.88	17.3
b	$\text{Cl}_2\text{B}-\text{N}(\text{CH}_3)_2$	—	40.10	30.8
c	$\text{Br}_2\text{B}-\text{N}(\text{CH}_3)_2$	—	42.00	25.7
d	$\text{I}_2\text{B}-\text{N}(\text{CH}_3)_2$	—	46.10	4.9
e	$\text{Cl}_2\text{B}-\text{N}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$	—	44.9, 15.2	30.6
f	$\text{Br}_2\text{B}-\text{N}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$	—	47.2, 15.8	26.7
g	$(\text{CH}_3\text{O})_2\text{B}-\text{N}(\text{CH}_3)_2$	51.60	36.70	21.3
h		64.84	35.54	24.7
i	$[\text{OBN}(\text{CH}_3)_2]_3$	—	35.10	21.0
k	$(\text{CH}_3\text{S})_2\text{B}-\text{N}(\text{CH}_3)_2$	—	—	43.4
l		36.90	42.30	46.30
m		121.90	42.29	44.1
n	$(\text{CH}_3)_2\text{N}-\overset{\text{S}}{\underset{\text{S}}{\text{B}}}-\text{N}(\text{CH}_3)_2$	—	41.90	44.7
o	$\text{B}[\text{N}(\text{CH}_3)_2]_3$	39.40	39.40	27.3
p		52.4 (NCH ₃) 35.3 (NCH ₃)	39.2	26.5



Borazine

Das Ringgerüst der Borazine ist planar⁹⁾, die Substituenten stehen jeweils *cis* zueinander. Zum Vergleich stehen einige ^{13}C -Werte der jeweiligen Benzol-Isosteren zur Verfügung. Tab. 3 faßt die gemessenen $\delta^{13}\text{C}$ - und $\delta^{11}\text{B}$ -Werte zusammen. Die beiden $\delta^{13}\text{C}$ -Werte des Hexamethylborazins (**3c**) sind kleiner als die vergleichbaren ^{13}C -chemischen Verschiebungen von *B, B', B''*-Trimethylborazin (**3b**) bzw. *N, N', N''*-Trimethylborazin (**3a**). Gleiches gilt für die *C*-Isosteren, Hexamethylbenzol ($\delta^{13}\text{C} = 16.9$) und Mesitylen ($\delta^{13}\text{C} = 21.2$)⁵⁾, ein Trend, der in Übereinstimmung mit dem γ -Effekt der Alkylgruppe steht. Die $^{13}\text{C}(\text{BC})$ -Resonanz der Borazine **3b** – **d** liegt zwischen den $\delta^{13}\text{C}$ -Werten für $\text{R}_2\text{BN}(\text{CH}_3)_2$ und $\text{RB}[\text{N}(\text{CH}_3)_2]_2$ entsprechend den zugehörigen $\delta^{11}\text{B}$ -Daten. Eine Überprüfung der ^{13}C -NMR-Werte für *N, N', N''*-Trimethyl-*B, B', B''*-triphenylborazin (**3f**) führte zu Werten, die erheblich von den Literaturdaten¹⁰⁾ abweichen. Wir fanden keine Aufspaltung der ^{13}C -NMR-Signale (NCH₃, BC) in der Kälte (-40°C). Unsere Messungen stehen auch im Einklang mit den $\delta^{13}\text{C}$ -Daten des unsymmetrisch substituierten Borazins **3h**.

Tab. 3. ^{11}B - und ^{13}C -chemische Verschiebungen von Borazinen $(\text{RBNR}')_3$ **3** und $(\text{XBNR}')_3$ **4**

Nr.	Verbindung	$\delta^{13}\text{C}$ (B – R) [ppm] (B – X)	$\delta^{13}\text{C}$ (N – R') [ppm]	$\delta^{11}\text{B}$ [ppm]
3a	$(\text{HBNCH}_3)_3$	–	37.90	31.6
3b	$(\text{CH}_3\text{BNH})_3$	1.65	–	34.5
3c	$(\text{CH}_3\text{BNCH}_3)_3$	0.00	34.50	35.8
3d	$(\text{C}_2\text{H}_5\text{BNH})_3$	10.00, 8.97 (CH_2)	–	35.5
3e	$(\text{C}_6\text{H}_5\text{BNH})_3$	138.0, 133.3, 127.6, 129.6	–	33.8
3f	$(\text{C}_6\text{H}_5\text{BNCH}_3)_3$	140.4, 130.8, 127.8, 127.1	36.40	36.7
3g	$(\text{C}_6\text{F}_5\text{BNCH}_3)_3$	109.4, 137.5, 145.6, 141.7	35.70	33.9
3h	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \quad \text{C}_6\text{H}_5 \\ \quad \\ \text{N} - \text{B} \\ \quad \\ \text{C}_6\text{H}_5 - \text{B} \quad \text{N} - \text{CH}_3 \\ \quad \\ \text{N} - \text{B} \\ \quad \\ \text{H}_3\text{C} \quad \text{CH}_3 \end{array}$	– 0.30 (BCH_3)	35.80	36.6 (breit)
		140.82, 130.8, 127.8, 126.9	36.90	
4a	$(\text{FBNCH}_3)_3$	–	26.20	24.3
4b	$(\text{ClBNCH}_3)_3$	–	35.20	31.8
4c	$(\text{BrBNCH}_3)_3$	–	40.4	32.0
4d	$(\text{IBNCH}_3)_3$	–	49.9	28.5
4e	$(\text{CH}_3\text{OBNCH}_3)_3$	53.00	29.70	26.5
4f	$(\text{CH}_3\text{SBNCH}_3)_3$	11.68	36.80	37.3
4g	$[(\text{CH}_3)_2\text{NBNCH}_3]_3$	40.39	35.11	28.8
4h	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \quad \text{Cl} \\ \quad \\ \text{N} - \text{B} \\ \quad \\ \text{Cl} - \text{B} \quad \text{N} - \text{CH}_3 \\ \quad \\ \text{N} - \text{B} \\ \quad \\ \text{H}_3\text{C} \quad \text{CH}_3 \end{array}$	– 0.50	34.75	32.5 (B(Cl))
			35.00	35.8 (BCH_3)

Die deutlichen Unterschiede in den ^{13}C -chemischen Verschiebungen der Phenylkohlenstoffatome in **3e** im Vergleich mit **3f** und **3h** führen wir auf sterische Effekte zurück, die durch die *N*-ständigen Methylgruppen induziert werden. Beispielsweise läßt sich die merkliche Verschiebung der ^{13}C (*para*)-Resonanzen zu niedrigeren Frequenzen in **3f** und **3h** mit einer Reduzierung der π -Wechselwirkung des Bors mit dem π -System der Phenylgruppe, d. h. einer starken Verdrillung der Phenylgruppe gegen die Borazinebene erklären¹¹⁾. In **3f** und **3h** liegen die ^{13}C (*ortho*)-Resonanzen bei niedrigen Frequenzen im Vergleich zu $\text{C}_6\text{H}_5\text{B}[\text{N}(\text{CH}_3)_2]_2$ ($\delta^{13}\text{C} = 134.8^3$) oder 1,2,4,5-Tetramethyl-3,6-diphenyl-1,2,4,5,3,6-tetraazadiborin (134.2)³⁾. Wir werten dies als Hinweis auf unterschiedliche Orientierungen der Ebene der Phenylgruppe zur CNBC-Ebene in diesen drei Verbindungen. Ähnliche elektronische Gegebenheiten liegen für die CH_3B -Gruppen in **3h** und **3c** vor, wie die sehr ähnlichen $\delta^{13}\text{C}(\text{BCH}_3)$ -Werte nahelegen.

Während die $^{13}\text{C}(\text{NCH}_3)$ -chemischen Verschiebungen für $(\text{RBNCH}_3)_3$ mit $\text{R} = \text{H}$, CH_3 , C_6H_5 , C_6F_5 nur einen Bereich von 34.5–37.9 ppm umfassen, finden sich beträchtliche Unterschiede ($\Delta 23$ ppm) für die Borazine vom Typ $(\text{XBNCH}_3)_3$ (**4**). Dies führen wir wie bei den Monoaminoboranen auf den γ -Effekt zurück. Wählt man als Vergleichsverbindung für die Borazine $(\text{CH}_3\text{BNCH}_3)_3$ (**3c**) und für die Monoaminoborane $(\text{CH}_3)_2\text{B} - \text{N}(\text{CH}_3)_2$ (**1b**), so ergibt sich, daß für $\text{X} = \text{F}$, OR die $^{13}\text{C}(\text{NCH}_3)$ -Resonanz zu niedrigeren Frequenzen verschoben wird, während für $\text{X} = \text{Br}$, I, S eine hochfrequente Verschiebung erfolgt. Unterschiede im Verschiebungsbetrag, der aus dem Vergleich der beiden Verbindungsreihen folgt, resultieren daher, daß bei den Borazinen die CH_3N -Gruppe jeweils von zwei *cis*-ständigen Gruppen X flankiert ist, wäh-

rend in den Monoaminoboranen **X** *cis* und *trans* zur betrachteten Methylgruppe steht und $\delta^{13}\text{C}$ daher als Summe von *cis*- und *trans*-Effekten resultiert.

Wir danken der *Deutschen Forschungsgemeinschaft* für die Beschaffung des Bruker WP 200-NMR-Spektrometers und dem *Fonds der Chemischen Industrie* für finanzielle Unterstützung.

Experimenteller Teil

^{13}C -NMR-Spektren wurden mit einem Bruker WP 200-NMR-Spektrometer bei 27–28 °C aufgenommen. Ca. 10–20proz. Lösungen in CDCl_3 oder C_6D_6 wurden vermessen. Das Lösungsmittel diente zugleich als Locksubstanz. Die $\delta^{13}\text{C}$ -Werte beziehen sich auf internes Tetramethylsilan. ^{13}C - ^1H , ^{11}B -Tripletresonanzexperimente wurden mit einem modifizierten ^{13}C -Meßkopf durchgeführt, wobei die ^1H -Entkopplerspule zusätzlich auf die ^{11}B -Frequenz abgestimmt war.

Alle Verbindungen wurden nach Literaturvorschriften¹²⁾ dargestellt. ^1H -, ^{11}B - und ^{13}C -NMR-Spektren dienten zur Reinheitskontrolle. Bei Verbindungen, die unter den Meßbedingungen im Gleichgewicht mit ihren Dimeren stehen (**1a**, **e**, **f**, **2e**), wurden die Monomeren/Dimeren-Verhältnisse mittels ^{11}B -NMR ermittelt¹³⁾ und die ^{13}C -NMR-Spektren bei Unterdrückung des NOE registriert, um die Signalintensitäten vergleichen zu können. Ähnlich wurde bei den Verbindungen **2g** und **2k** verfahren, die mit den symmetrisch substituierten Boranen im Gleichgewicht stehen.

1) XVIII. Mittel.: W. Biffar, H. Nöth, H. Pommerening, R. Scherthöffer, W. Storch und B. Wrackmeyer, Chem. Ber. **114**, 49 (1981).

2) B. Wrackmeyer, Progr. NMR Spectrosc. **12**, 227 (1979).

3) J. D. Odom, T. F. Moore, R. Goetze, H. Nöth und B. Wrackmeyer, J. Organomet. Chem. **173**, 15 (1979).

4) W. McFarlane, H. Nöth und B. Wrackmeyer, Chem. Ber. **108**, 3831 (1975).

5) J. B. Stothers, Carbon-13 NMR Spectroscopy, Academic Press, New York, London 1972.

6) H. Beierbeck, J. K. Saunders und J. W. ApSimon, Can. J. Chem. **55**, 2813 (1977).

7) G. A. Olah und J. J. Donovan, J. Org. Chem. **43**, 860 (1978).

8) E. L. Eliel, W. F. Bailey, L. D. Kopp, R. L. Willer, D. M. Grant, R. Bertrand, D. K. Dalling, M. W. Duch, E. Wenkert, F. M. Schell und D. W. Cochran, J. Am. Chem. Soc. **97**, 322 (1975).

9) J. J. Lagowski, in Gmelins Handbuch der Anorganischen Chemie, Erg.-Werk zur 8. Aufl., Bd. 22, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1975.

10) K. Niedenzu, K.-D. Müller, W. J. Layton und L. Komorowski, Z. Anorg. Allg. Chem. **439**, 112 (1978).

11) Röntgenstrukturanalysen von *B*-Phenylborazinen sind unseres Wissens aber noch nicht bekannt.

12) Gmelins Handbuch der Anorganischen Chemie, Erg.-Werk zur 8. Aufl., Bd. 22, Borverbindungen, Teil 4.

13) H. Nöth und H. Vahrenkamp, Chem. Ber. **100**, 3353 (1967).

[235/80]