

Abbildung 3. Schematische Energieprofile solvolytischer Austauschreaktionen in TFE. Obere Linie: Langsame Ionisation (konventionelle  $S_N1$ -Reaktion). Untere Linie: Geschwindigkeitsbestimmende Carbokation-Nucleophil-Kombination mit direkt beobachtbarer Zwischenstufe. – Ionenpaarung und Protonenübertragungsschritte sind nicht berücksichtigt.

könnte das Studium solcher Reaktionskaskaden eine neue Ära der Untersuchung solvolytischer Austauschreaktionen eröffnen. Weil nun Salz- und Solvens-Effekte für beide Reaktionsschritte getrennt studiert werden können, sollten sich viele Ungereimtheiten früherer Interpretationen von Mechanismen solvolytischer Austauschreaktionen beseitigen lassen.

Eingegangen am 5. Juli 2002 [Z19671]

- [1] a) C. K. Ingold, E. Rothstein, *J. Chem. Soc.* **1928**, 1217–1221; b) C. K. Ingold, *Structure and Mechanism in Organic Chemistry*, 2. Aufl., Cornell University, New York, **1969**.
- [2] *Carbonium Ions*, Vol. 1–5 (Hrsg.: G. A. Olah, P. von R. Schleyer), Interscience, New York, **1968–1976**.
- [3] P. Vogel, *Carbocation Chemistry*, Elsevier, Amsterdam, **1985**.
- [4] a) X. Creary, *Advances in Carbocation Chemistry*, Vol. 1, JAI, Greenwich, CT, **1989**; b) J. M. Coxon, *Advances in Carbocation Chemistry*, Vol. 2, JAI, Greenwich, CT, **1995**.
- [5] a) Siehe die Kapitel „Carbocations“: R. A. Cox in *Organic Reaction Mechanisms* (Hrsg.: A. C. Knappe, W. E. Watts), Wiley, Chichester, **1985–2001**; b) A. Streitwieser, Jr., *Solvolytic Displacement Reactions*, McGraw-Hill, New York, **1962**.
- [6] G. A. Olah, W. S. Tolgyesi, S. J. Kuhn, M. E. Moffatt, I. J. Bastien, E. B. Baker, *J. Am. Chem. Soc.* **1963**, 85, 1328–1334.
- [7] G. A. Olah, *Angew. Chem.* **1995**, 107, 1519–1532; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1995**, 34, 1393–1405.
- [8] H. Mayr, M. Patz, *Angew. Chem.* **1994**, 106, 990–1010; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1994**, 33, 938–957.
- [9] H. Mayr, T. Bug, M. F. Gotta, N. Hering, B. Irrgang, B. Janker, B. Kempf, R. Loos, A. R. Ofial, G. Remennikov, H. Schimmel, *J. Am. Chem. Soc.* **2001**, 123, 9500–9512.
- [10] R. A. McClelland, *Tetrahedron* **1996**, 52, 6823–6858.
- [11] J. P. Richard, T. L. Amyes, M. M. Toteva, *Acc. Chem. Res.* **2001**, 34, 981–988.
- [12] T. W. Bentley, G. Llewellyn, *Prog. Phys. Org. Chem.* **1990**, 17, 121–158.
- [13] D. N. Kevill in *Advances in Quantitative Structure-Property Relationships*, Vol. 1 (Hrsg.: M. Charton), JAI, Greenwich, CT, **1996**, S. 81–115.
- [14] Zu Salzeffekten bei Solvolysereaktionen: D. J. Raber, J. M. Harris, P. von R. Schleyer in *Ions and Ion Pairs in Organic Reactions*, Vol. 2 (Hrsg.: M. Szwarc), Wiley, New York, **1974**, S. 247–374.
- [15] C. Schade, H. Mayr, *Tetrahedron* **1988**, 44, 5761–5770.
- [16] C. A. Bunton, M. M. Mhala, J. R. Moffatt, *J. Org. Chem.* **1984**, 49, 3639–3641.
- [17] J. Bartl, S. Steenken, H. Mayr, R. A. McClelland, *J. Am. Chem. Soc.* **1990**, 112, 6918–6928.

## Umwandlung von *arachno*-Nonaboran in Azanonaboran: unerwartete Abspaltung eines fest eingebundenen Boratoms\*\*

Mohamed E. El-Zaria,\* Udo Dörfler, Matthias Hofmann und Detlef Gabel

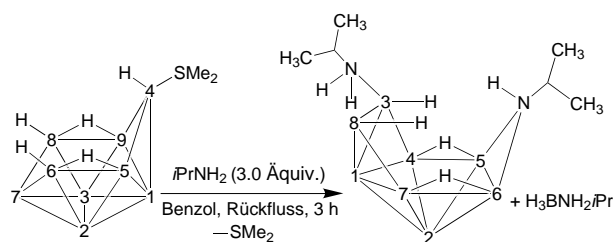
Das polyedrische Azanonaboran  $(\text{RH}_2\text{N})\text{B}_8\text{H}_{11}\text{NHR}$  ( $\text{R} = i\text{Pr}$ , **1**) ist durch Umsetzung des Dimethylsulfo-*arachno*-nonaborans  $4-(\text{Me}_2\text{S})\text{B}_9\text{H}_{13}$  mit drei Äquivalenten eines primärenamins einfach zugänglich.<sup>[1]</sup> Wie gezeigt wurde, verläuft die Reaktion stufenweise: Durch Ligandenaustausch bildet sich zunächst Amino-substituiertes  $4-(\text{RH}_2\text{N})\text{B}_9\text{H}_{13}$ , das mit weiterem Amin  $\text{NH}_2\text{R}^1$  zur gemischten Spezies  $\text{R}^1\text{H}_2\text{NB}_8\text{H}_{11}\text{NHR}$  reagiert.<sup>[1b]</sup> Diese Verbindungen erwiesen sich als Vorstufen für Azacarborane<sup>[2]</sup> und Azametallaborane<sup>[3]</sup> und kommen darüber hinaus für Anwendungen in der Bor-Neutroneneinfangtherapie infrage.<sup>[4]</sup> Die Reaktion von  $(\text{Me}_2\text{S})\text{B}_9\text{H}_{13}$  zu  $(\text{RH}_2\text{N})\text{B}_8\text{H}_{11}\text{NHR}$  umfasst die Abspaltung eines Boratoms und die Umlagerung des Clusters. Wir berichten hier über die Umwandlung von B-substituierten Nonaboranen in Azanonaborane. Anhand der Experimente können wir angeben, welches Boratom abgespalten wird, sowie einen Mechanismus für die Umlagerung des Clusters vorschlagen.

B-substituierte  $\text{B}_{10}\text{H}_{14}$ -Derivate<sup>[5]</sup> lassen sich in einem zweistufigen Prozess über  $6,9-(\text{Me}_2\text{S})_2\text{B}_{10}\text{H}_{12}$ -Zwischenstufen leicht in die entsprechenden *arachno*-Nonaborane überführen.<sup>[6]</sup> Wir synthetisierten Ethyl-, Brom- und Deuteroderivate des Decaborans (**14**), die unter den Reaktionsbedingungen stabil sind (die Brom- und Ethylsubstituenten werden durch  $\text{Et}_3\text{N}$  nicht substituiert,<sup>[6a]</sup> und beim Rückflusserhitzen von tetradeuteriertem  $(\text{Me}_2\text{S})\text{B}_9\text{H}_{13}$  mit  $\text{Et}_2\text{NH}$  in Benzol findet kein Deuteriumaustausch statt<sup>[6c]</sup>). Folgende  $(\text{Me}_2\text{S})\text{B}_9\text{H}_{13}$ -Cluster mit substituierten Boratomen wurden von uns hergestellt (Schema 1, Tabelle 1): Et an  $\text{B}^2$  (**2**) oder  $\text{B}^7$  (**3**), Br an  $\text{B}^2$  (**4**),  $\text{B}^6$  (**5**) oder  $\text{B}^1$  (**6**), D an  $\text{B}^1$ ,  $\text{B}^2$ ,  $\text{B}^3$  und  $\text{B}^7$  (**7**). Die Positionen der Substituenten wurde durch NMR- und IR-Spektroskopie sowie massenspektrometrisch eindeutig bestimmt.

Die Substituenten am  $\text{B}_9$ -Cluster wurden nach Umsetzen mit Isopropylamin in den folgenden Positionen des  $\text{B}_8\text{N}$ -Clusters wiedergefunden (Schema 1, Tabelle 1): Et an  $\text{B}^2$  (**2**)  $\Rightarrow$   $\text{B}^2$  (**8**), Et an  $\text{B}^7$  (**3**)  $\Rightarrow$   $\text{B}^6$  (**9**); Br an  $\text{B}^2$  (**4**)  $\Rightarrow$   $\text{B}^2$  (**10**), Br an  $\text{B}^6$  (**5**)  $\Rightarrow$   $\text{B}^7$  (**11**), Br an  $\text{B}^1$  (**6**)  $\Rightarrow$  bromfreier  $\text{B}_8\text{N}$ -Cluster **1**. Das 1,2,3,7-tetradeuterierte Nonaboran **7** reagierte entweder zum 2,4,6- oder zum 2,5,7-trideuterierten  $\text{B}_8\text{N}$ -Cluster **12**. Die Ergebnisse der NMR-Studien belegen zwar den Verlust eines

[\*] M. E. El-Zaria, Dr. U. Dörfler, Prof. Dr. D. Gabel  
Fachbereich Chemie  
Universität Bremen  
Postfach 330440, 28334 Bremen (Deutschland)  
Fax: (+49) 421-218-2871  
E-mail: marzok@uni-bremen.de  
Dr. M. Hofmann  
Anorganisch-Chemisches Institut  
Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg  
69120 Heidelberg (Deutschland)

[\*\*] Wir danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft für ihre Unterstützung.



Schema 1. Umsetzung der  $B_9$ -Cluster **2–7** zu den  $B_8N$ -Clustern **1, 8–12**. Die Zuordnung der Formelnummern geht aus Tabelle 1 hervor. *exo*-ständige H-Atome sind der Übersicht halber weggelassen.

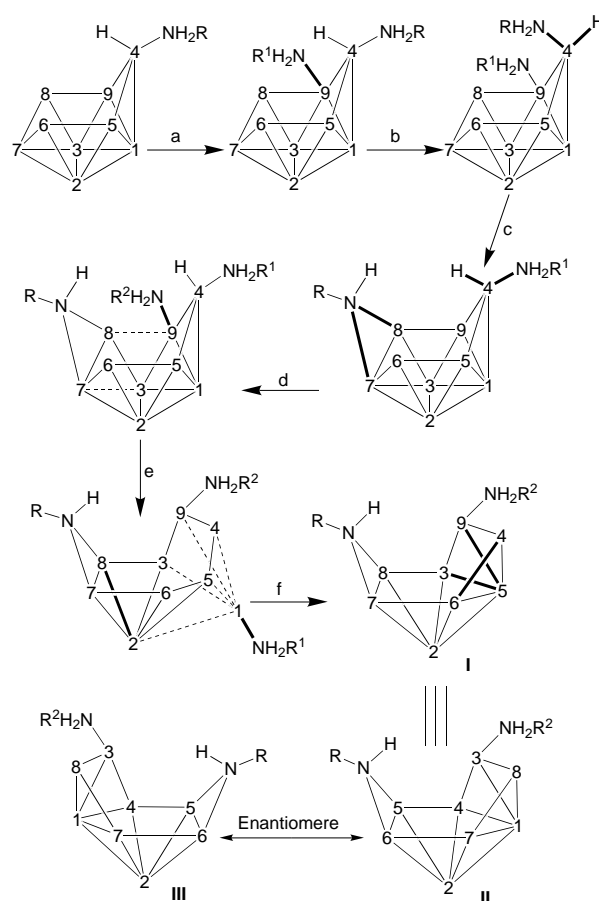
Tabelle 1. Position der Substituenten an den Boratomen der  $B_9$ - und  $B_8N$ -Cluster (siehe Schema 1).

$B_9$	Substituent	Position am $B_9$ -Cluster	Position am $B_8N$ -Cluster	$B_8N$
<b>2</b>	Et	2	2	<b>8</b>
<b>3</b>	Et	7	6	<b>9</b>
<b>4</b>	Br	2	2	<b>10</b>
<b>5</b>	Br	6	7	<b>11</b>
<b>6</b>	Br	1	–	<b>1</b>
<b>7</b>	D	1, 2, 3, 7	2, 5, 7 oder 2, 4, 6	<b>12</b>

Deuteriumatomen (Tabelle 2), allerdings konnte die Position der drei übrigen Deuteriumatome (an  $B^2$ ,  $B^5$  und  $B^7$  oder an  $B^2$ ,  $B^4$  und  $B^6$ ) nicht eindeutig bestimmt werden.

Die Boratome  $B^2$ ,  $B^3$ ,  $B^6$  und  $B^7$  des  $B_9$ -Clusters nehmen demzufolge im  $B_8N$ -Cluster die Positionen  $B^2$ ,  $B^4$ ,  $B^7$  bzw.  $B^6$  ein, während das  $B^1$ -Atom des  $B_9$ -Clusters abgespalten wird (Schema 1). Anhand dieser Ergebnisse schlagen wir für die stufenweise Umlagerung des aminsubstituierten  $B_9$ -Clusters folgenden Mechanismus vor (Schema 2):

- a) In einem ersten Schritt addiert ein  $R^1NH_2$ -Molekül an das  $B^9$ - oder  $B^5$ -Atom des Clusters  $4-(RH_2N)B_9H_{13}$ . Zwei Beobachtungen stützen diesen Vorschlag: 1) Bei der Reaktion von  $4-(Me_2S)B_9H_{13}$  mit  $RNH_2$  kann das Zwischenprodukt  $5-(RH_2N)B_9H_{13}$  isoliert werden.<sup>[7]</sup> 2) Beim



Schema 2. Umlagerung des Nonaboran-Clusters zum Azanonaboran-Cluster (**I**: ursprüngliche Nummerierung des  $B_9$ -Clusters, **II** und **III**: Nummerierung des  $B_8N$ -Clusters nach IUPAC).<sup>[10]</sup> Fette Linien markieren neu gebildete Bindungen, gestrichelte Linien gebrochene Bindungen.

Rückflusserhitzen von 5-OMe-4-(*i*PrH<sub>2</sub>N) $B_9H_{12}$  mit *i*PrNH<sub>2</sub> im Überschuss in Benzol wird keine Umsetzung beobachtet.

Tabelle 2.  $^{11}B$ - und  $^1H$ -NMR-Daten ( $CDCl_3$ , 20 °C, 200 MHz) der  $B_8N$ -Cluster **1, 8–12**.<sup>[a]</sup>

$B_8N$	$B^1$	$B^2$	$B^3$	$B^4$	$B^5$	$B^6$	$B^7$	$B^8$	$\mu$ -H(4,5) $\mu$ -H(6,7)	NH
<b>1</b>	1.82 [2.57]	–55.61 [–0.65]	–21.46 [1.29]	–31.76 [0.86]	–11.11 [2.51]	–11.11 [2.51]	–33.41 [0.86]	–30.76 [0.55] [–0.64]	[–2.04] [–1.99]	[–1.56]
<b>8</b>	2.94 [2.58]	–43.91 [–]	–20.06 [1.28]	–32.3 [0.84]	–9.88 [2.34]	–10.6 [2.49]	–31.65 [0.84]	–30.62 [0.56] [–0.48]	[–1.9] [–1.75]	[–1.55]
<b>9</b>	0.76 [2.48]	–53.79 [–0.55]	–21.73 [1.26]	–31.67 [0.77]	–10.6 [2.21]	0.76 [–]	–32.91 [0.77]	–30.68 [0.52] [–0.55]	[–2.24] [–1.89]	[–1.36]
<b>10</b>	3.46 [3.06]	–41.77 [–]	–20.58 [1.21]	–28.8 [1.25]	–10.08 [2.75]	–10.08 [2.86]	–28.8 [1.25]	–28.8 [0.73] [–0.41]	[–1.34] [–1.34]	[–1.34]
<b>11</b>	12.06 [3.59]	–47.28 [–0.29]	–18.09 [1.18]	–28.77 [0.82]	–7.41 [2.70]	–4.72 [2.93]	–38.92 [–]	–23.25 [0.77] [–0.51]	[–2.47] [–1.72]	[–0.95]
<b>12</b>	1.64 [2.49]	–55.64 [–]	–21.46 [1.36]	–32.53 [0.74] <sup>[b]</sup>	–10.65 [–] <sup>[c]</sup>	–11.14 [2.55] <sup>[c]</sup>	–31.82 [–] <sup>[b]</sup>	–30.65 [0.46] [–0.61]	[–2.21] [–2.09]	[–1.64]

[a] Angaben in ppm,  $\delta(^1H)$  in eckigen Klammern. Die Spektren wurden mit einem Bruker-DP-200-Spektrometer aufgenommen. [b], [c] Eine eindeutige Zuordnung der Deuteriumsubstituenten zu  $B^5$  oder  $B^6$  bzw. zu  $B^4$  oder  $B^7$  ist nicht möglich.

- b) Wie bereits beschrieben,<sup>[8]</sup> wechselt der RNH<sub>2</sub>-Substituent an B<sup>4</sup> von der *exo*- in die *endo*-Position, möglicherweise unterstützt durch eine geschwächte B<sup>9</sup>-B<sup>4</sup>-Bindung.
- c) Der RNH<sub>2</sub>-Substituent lagert sich von B<sup>4</sup> in eine Brückenposition über der B<sup>7</sup>-B<sup>8</sup>-Bindung um. Die Beobachtung, dass **3** (Et an B<sup>7</sup>) langsamer reagiert als **2** (Et an B<sup>2</sup>), stützt diese Annahme. Die R<sup>1</sup>NH<sub>2</sub>-Gruppe lagert sich von B<sup>9</sup> in die *exo*-Position an B<sup>4</sup> um.<sup>[7]</sup> (Siehe auch Lit. [6b] für eine analoge Umlagerung.)
- d) Ein drittes Aminmolekül, R<sup>2</sup>NH<sub>2</sub>, addiert an das B<sup>9</sup>-Atom.
- e) Die B<sup>8</sup>-B<sup>9</sup>- und die B<sup>7</sup>-B<sup>3</sup>-Bindungen brechen, und unter Diamond-Square-Diamond(DSD)-Umlagerung<sup>[9]</sup> der Atome B<sup>2</sup>, B<sup>3</sup>, B<sup>7</sup> und B<sup>8</sup> bildet sich eine neue Bindung zwischen B<sup>2</sup> und B<sup>8</sup>.
- f) Nach Umlagerung der R<sup>1</sup>NH<sub>2</sub>-Gruppe von der B<sup>4</sup>- in die B<sup>1</sup>-Position werden die B<sup>1</sup>-NH<sub>2</sub>R<sup>1</sup>-Einheit und zwei H-Atome abgespalten. Dass spezifisch das B<sup>1</sup>-Atom eliminiert wird, belegen die Umsetzungen des Deuterium-substituierten **7** und des Brom-substituierten **6**. Die Bildung der B<sup>5</sup>-B<sup>3</sup>-, B<sup>5</sup>-B<sup>9</sup>- und B<sup>6</sup>-B<sup>4</sup>-Bindungen vervollständigt die Umlagerung zum Azanonaboran-Cluster.
- Der Verbleib der Boratome B<sup>1</sup>, B<sup>2</sup>, B<sup>6</sup> und B<sup>7</sup> (aus den Experimenten mit Et- und Br-substituierten Clustern) sowie des Boratoms B<sup>3</sup> (aus dem Experiment mit einem tetradeutierten Cluster) bildet die experimentelle Grundlage des vorgeschlagenen Mechanismus. Berechnete <sup>11</sup>B-NMR-Verschiebungen sowie COSY-<sup>11</sup>B- und CW-<sup>1</sup>H-<sup>11</sup>B-NMR-Spektren belegen, dass der Ethylsubstituent im B<sub>8</sub>N-Cluster **9** an B<sup>6</sup> geknüpft ist (gegenüberliegend dem *exo*-ständigen Liganden an B<sup>3</sup>). Die Daten zeigen des Weiteren, dass das Bromatom an B<sup>6</sup> im B<sub>9</sub>-Cluster **5** im B<sub>8</sub>N-Cluster **11** an B<sup>7</sup> und nicht an B<sup>4</sup> gebunden ist. Der Verbleib der Boratome B<sup>5</sup>, B<sup>8</sup> und B<sup>9</sup> wurde nicht aufgeklärt, aber der vorgeschlagene Mechanismus würde nur eine minimale Zahl an Bindungs-umlagerungen erfordern (eine DSD-Umlagerung und das Schließen des Clusters nach Abspaltung von B<sup>1</sup>). Die Abspaltung des Boratoms B<sup>1</sup>, das sich *nicht* auf der offenen Seite des Cluster befindet, ist überraschend. Quantenchemische Rechnungen könnten Aufschluss darüber geben, ob die Umlagerung tatsächlich über den vorgeschlagenen Reaktionsweg verläuft, und Hinweise liefern zur relativen Stabilität der Intermediate, zur Herkunft der H-Atome, die zusammen mit B<sup>1</sup> abgespalten werden, und zu den Umlagerungen der übrigen H-Atome.

## Experimentelles

**1, 8–12:** Bei Raumtemperatur wurde Isopropylamin (0.1 g, 1.74 mmol) zu einer Lösung von (Me<sub>2</sub>S)B<sub>9</sub>H<sub>13</sub> in 10 mL wasserfreiem Benzol (0.1 g) gegeben und das Reaktionsgemisch 3 h zum Rückfluss erhitzt. Alle flüchtigen Verbindungen wurden im Vakuum entfernt und der Rückstand aus Ethanol/Wasser (1:1) umkristallisiert. **8** und **9** wurden durch Dünnschichtchromatographie mit CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> als Eluens gereinigt (*R<sub>f</sub>* = 0.31). Zur weiteren Reinigung wurde die Substanz in CHCl<sub>3</sub>/Hexan (1:3) bei –20 °C gelöst, die Lösung filtriert und das Filtrat eingeeengt. **1** (DCI): *m/z* (%) 214 (95) [*M*<sup>+</sup>], **8, 9** (EI, 750 eV, 200 °C): *m/z* (%) 242 (24) [*M*<sup>+</sup>], **10, 11** (EI, 750 eV, 200 °C): *m/z* (%) 293 (18) [*M*<sup>+</sup>], **12** (FAB<sup>+</sup>): *m/z* (%) 217 (100) [*M*<sup>+</sup>].

Eingegangen am 30. April 2002,  
veränderte Fassung am 2. September 2002 [Z19208]

- [1] B. M. Graybill, A. R. Pitochelli, M. F. Hawthorne, *Inorg. Chem.* **1962**, *1*, 626–631; b) U. Dörfler, M. Thornton-Pett, J. D. Kennedy, *J. Chem. Soc. Dalton Trans.* **1997**, 2547–2550.
- [2] U. Dörfler, D. L. Ormsby, R. Greatrex, J. D. Kennedy, *Inorg. Chim. Acta* **2000**, *304*, 268–273.
- [3] a) U. Dörfler, J. D. Kennedy, L. Barton, C. M. Collins, N. P. Rath, *J. Chem. Soc. Dalton Trans.* **1997**, 707–708; b) U. Dörfler, P. A. Salter, X. L. R. Fontaine, N. N. Greenwood, J. D. Kennedy, M. Thornton-Pett, *Collect. Czech. Chem. Commun.* **1999**, *64*, 947–958.
- [4] a) M. E. El-Zaria, U. Dörfler, D. Gabel, *J. Med. Chem.*, im Druck; b) C. Bauer, U. Dörfler, D. Gabel, *Eur. J. Med. Chem.*, im Druck.
- [5] a) N. J. Blay, I. Dunstan, R. L. Williams, *J. Chem. Soc.* **1960**, 430–433; b) J. A. Dopke, D. F. Gaines, *Inorg. Chem.* **1999**, *38*, 4896–4897; c) R. F. Sprecher, B. E. Aufderheide, G. W. Luther III, J. C. Carles, *J. Chem. Soc.* **1974**, *96*, 4404–4410.
- [6] a) T. L. Heying, C. Naar-Colin, *Inorg. Chem.* **1964**, *3*, 282–285; b) H. Beall, D. F. Gaines, *Inorg. Chem.* **1998**, *37*, 1420–1422; c) G. M. Bodner, F. R. Scholer, L. J. Todd, L. E. Senor, J. C. Carter, *Inorg. Chem.* **1971**, *10*, 942–945.
- [7] L. F. K. Callaghan, U. Dörfler, D. T. McGrath, M. Thornton-Pett, D. J. Kennedy, *J. Organomet. Chem.* **1998**, *550*, 441–444.
- [8] a) X. L. R. Fontaine, J. D. Kennedy, *J. Chem. Soc. Dalton Trans.* **1987**, 1573–1575; b) J. Müller, P. Paetzold, U. Englert, J. Runsink, *Chem. Ber.* **1992**, *125*, 97–102.
- [9] R. Hoffmann, W. N. Lipscomb, *Inorg. Chem.* **1963**, *2*, 231–232.
- [10] G. J. Leigh in *Nomenclature of Inorganic Chemistry*, Blackwell, Oxford, **1990**, S. 217–225.

## Katalyse in fluorigen Zweiphasensystemen ohne perfluorierte Lösungsmittel: Anwendung auf Pd-vermittelte Suzuki- und Sonogashira-Kupplungen\*\*

Carl Christoph Tzschucke, Christian Markert,  
Heiko Glatz und Willi Bannwarth\*

Einfache Handhabung, leichte Rückgewinnung und potenzielle Wiederverwendbarkeit der Katalysatoren sind bei katalytischen Reaktionen nach wie vor von großer Bedeutung. Eine verbreitete Lösung dieses Problems sind immobilisierte Katalysatoren. Die Immobilisierung lässt sich durch kovalente Anknüpfung an organische Polymere oder anorganische Träger erreichen.<sup>[1]</sup> Alternativ können Katalysatoren an Kieselgel<sup>[2–4]</sup> oder Umkehrphasen-Kieselgel adsorbiert werden.<sup>[5]</sup> In einigen Fällen beeinflusst die Immobilisierung dabei die Katalysatorstabilität positiv.<sup>[6,7]</sup> Ein wesentlicher Vorteil derartiger trägergebundener Katalysatoren ist, dass sie durch Filtrieren oder Dekantieren leicht vom Reaktionsprodukt getrennt werden können. Im Idealfall sollten Produkte erhalten werden, die keine oder nur geringe Verunreinigungen durch Übergangsmetalle aufweisen, sodass keine zusätzlichen Reinigungsschritte nötig wären. Dies ist insbe-

[\*] Prof. Dr. W. Bannwarth, Dipl.-Chem. C. C. Tzschucke, Dipl.-Chem. C. Markert, Dipl.-Chem. H. Glatz  
Institut für Organische Chemie und Biochemie  
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg  
Albertstraße 21, 79104 Freiburg (Deutschland)  
Fax: (+49) 761-203-8705  
E-mail: willi.bannwarth@organik.chemie.uni-freiburg.de

[\*\*] Diese Arbeit wurde durch Fluka (Buchs, CH) unterstützt.