

- [6] a) D. Naumann, W. Tyrra, R. Gnann, D. Pfolk, *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* **1994**, 2651–2653; b) D. Naumann, W. Tyrra, R. Gnann, D. Pfolk, T. Gilles, K.-F. Tebbe, *Z. Anorg. Allg. Chem.* **1997**, 623, 1821–1834.
- [7] V. V. Zhdankin, P. J. Stang, N. S. Zefirov, *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* **1992**, 578–579.
- [8] H. J. Frohn, V. V. Bardin, *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* **1993**, 1072–1074.
- [9] H. J. Frohn, T. Schroer, G. Henkel, *Angew. Chem.* **1999**, *111*, 2751–2753; *Angew. Chem. Int. Ed.* **1999**, *38*, 2554–2556.
- [10] H. J. Frohn, A. Klose, G. Henkel, *Angew. Chem.* **1993**, *105*, 114–115, *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1993**, *32*, 99–100.
- [11] L. J. Turbini, R. E. Aikman, R. J. Lagow, *J. Am. Chem. Soc.* **1979**, *101*, 5833–5834.
- [12] V. V. Bardin, I. V. Stennikova, G. G. Furin, T. V. Leshina, G. G. Yakobson, *Zh. Obshch. Khim.* **1988**, *58*, 2580–2588, *J. Gen. Chem. USSR Engl. Transl.* **1988**, *58*, 2297–2301; A. P. Lothian, C. A. Ramsden, *Synlett* **1993**, 753–755; V. V. Bardin, H. J. Frohn, *J. Fluorine Chem.* **1993**, *60*, 141–151; H. J. Frohn, V. V. Bardin, *J. Organomet. Chem.* **1995**, *501*, 155–159; H. J. Frohn, M. Giesen, A. Klose, A. Lewin, V. V. Bardin, *J. Organomet. Chem.* **1996**, *506*, 155–164; P. Nongkunsarn, C. A. Ramsden, *J. Chem. Soc. Perkin Trans. 1* **1996**, 121–122; V. V. Bardin, H. J. Frohn, *J. Fluorine Chem.* **1998**, *90*, 93–96; C. A. Ramsden, R. G. Smith, *J. Am. Chem. Soc.* **1998**, *120*, 6842–6843.
- [13] N. Maggiarosa, Dissertation, Universität Köln, **1999**.
- [14] N. Maggiarosa, W. Tyrra, D. Naumann, N. V. Kirij, Yu. L. Yagupolskii, *Angew. Chem.* **1999**, *111*, 2392–2393; *Angew. Chem. Int. Ed.* **1999**, *38*, 2252–2253.
- [15] G. Hägele, M. Weidenbruch, *Chem. Ber.* **1973**, *106*, 460–470; G. Hägele, M. Weidenbruch, *Org. Magn. Reson.* **1974**, *6*, 66–72.
- [16] K. O. Christe, E. C. Curtis, D. A. Dixon, H. P. Mercier, J. C. P. Sanders, G. J. Schrobilgen, *J. Am. Chem. Soc.* **1991**, *113*, 3351–3361.
- [17] G. J. Schrobilgen, J. M. Whalen, *Inorg. Chem.* **1994**, *33*, 5207–5218.

C₆F₅XeF, ein Schlüsselsubstrat in der Xenon-Kohlenstoff-Chemie: Synthese symmetrischer und asymmetrischer Pentafluorphenylxenon-Derivate**

Hermann-Josef Frohn* und Michael Theißen

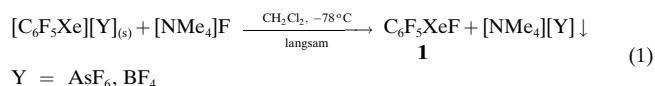
Salzartige Verbindungen mit C-Xe-Bindungen im kationischen Teil [RXe]⁺ sind seit 1989 bekannt, wobei R eine Aryl-,^[1] Alkenyl-,^[2] oder Alkinylgruppe^[3] sein kann. C₆F₅XeO₂CC₆F₅,^[4] C₆F₅XeCl und [(C₆F₅Xe)₂Cl]^{+[5]} haben schwächer kovalente C-Xe-Bindungen (3Z-4e-Bindungen,^[6] asymmetrische hypervalente Bindungen mit unterschiedlich ausgeprägter heteropolarer Bindungskomponente) als die salzartigen [C₆F₅Xe]⁺-Verbindungen. Die Existenz des symmetrischen hypervalenten Moleküls Xe(CF₃)₂^[7] ist äußerst fragwürdig, da bis heute keine zweifelsfreien Konstitutionsnachweise dafür geliefert werden konnten.

[*] Prof. Dr. H.-J. Frohn, Dipl.-Chem. M. Theißen
Fachgebiet Anorganische Chemie
Gerhard-Mercator-Universität Duisburg
Lotharstraße 1, 47048 Duisburg (Deutschland)
Fax: (+49) 203-379-2231
E-mail: frohn@uni-duisburg.de

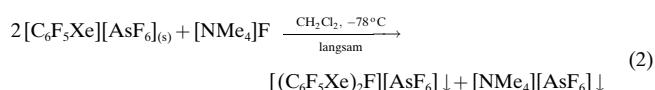
[**] Diese Arbeit wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft und vom Fonds der Chemischen Industrie gefördert.

Aufgrund ihrer hohen Gruppenelektronegativität sollten z.B. Xe(C₆F₅)₂ und Xe(CN)₂ Favoriten für die neue Klasse symmetrischer C-Xe-C-Verbindungen darstellen, da ihr C(1)-Atom Bestandteil eines polarisierbaren π-Elektronensystems ist, und die übrigen stark elektronenziehenden Bindungspartner führen zu einem Elektronenmangel in den C-Liganden.

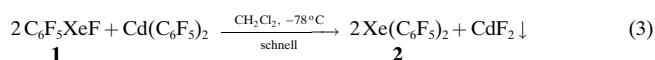
Wir stellen ein neues Synthesekonzept exemplarisch für Xe(C₆F₅)₂ und C₆F₅XeCN vor,^[8] welches auf andere kovalente C₆F₅Xe-C- und C₆F₅Xe-Y-Verbindungen übertragen werden kann. Dabei ist das neuartige asymmetrisch hypervalente Molekül C₆F₅XeF **1**^[9] das entscheidende Schlüsselsubstrat. **1** fällt bei der heterogenen Tieftemperatur-Reaktion von [C₆F₅Xe]⁺-Salzen mit „nacktem“ Fluorid [NMe₄]F in CH₂Cl₂ als lösliches Produkt an (Ausbeute 70 %) [Gl. (1)]. Die elektrophile Substitution von E in C₆F₅-E mit [FXe]⁺, als möglicher alternativer Weg, führt nicht zu **1**, da das Oxidationspotential von [FXe]⁺ selbst für Fluorarene noch zu hoch ist.



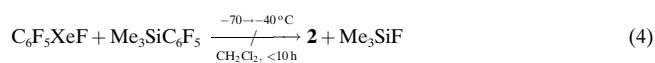
Wird die lösliche Fluoridquelle im Unterschuss eingesetzt, so resultieren mehrkernige fluorverbrückte Xenonium-Spezies [Gl. (2)].



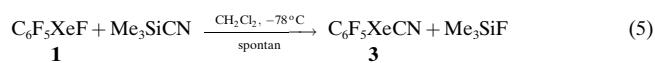
Ab-initio-Rechnungen (Vergleiche in der Gasphase) ergeben, dass in **1** der C-Xe-Abstand länger ist als im [C₆F₅Xe]⁺-Ion und der Xe-F-Abstand länger ist als in XeF₂. Letzteres macht F⁻ zu einer guten Austrittsgruppe. Das permanente Dipolmoment in **1** erleichtert den erfolgreichen Angriff von Nucleophilen am elektrophilen Xe-Zentrum. Mit Cd(C₆F₅)₂ als Arylüberträger lässt sich ein zweiter Arylrest in **1** einführen [Gl. (3)].



Die direkte Einführung der C₆F₅-Gruppe in XeF₂ innerhalb des thermischen Existenzbereiches von **2** gelingt mit Cd(C₆F₅)₂ nicht, da hier die Nucleophilie der Arylgruppe (kein permanentes Dipolmoment!) für die Substitution in XeF₂ nicht ausreicht. Auch die Nucleophilie der Arylgruppe in Me₃SiC₆F₅ reicht in CH₂Cl₂ nicht für die erfolgreiche F-C₆F₅-Substitution in **1** aus [Gl. (4); (siehe auch Lit. [10])].



Dagegen lässt sich die CN-Gruppe mit Me₃SiCN erfolgreich in **1** einführen [Gl. (5)].



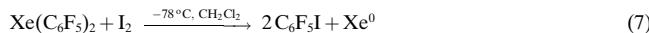
Wir führen die unterschiedlichen Reaktivitäten von $\text{Me}_3\text{SiC}_6\text{F}_5$ und Me_3SiCN weniger auf sterische als auf Lewis-Aciditätsunterschiede zurück.

Das symmetrische C-Xe-C-Molekül **2** sowie die asymmetrischen Moleküle **1** und **3** sind in polaren, schwach koordinierenden Lösungsmitteln, z. B. CH_2Cl_2 , löslich. Wird **1** im basischen, stark koordinierenden MeCN gelöst, tritt keine Heterolyse zu $[\text{C}_6\text{F}_5\text{Xe}]^+$ und F^- auf. **1**, **2** und **3** sind bei Raumtemperatur instabil, ihre CH_2Cl_2 -Lösungen sind selbst bei -78°C nicht über mehrere Wochen ohne Zersetzung lagerbar. Die Zersetzungsprodukte sprechen für homolytische Bindungsbrüche mit nachfolgenden Radikalrekombinationen und radikalischen Angriffen auf das Lösungsmittel.

Die beiden elektronegativen Arylreste in **2** weisen einen relativ hohen anionischen Charakter auf. Im supersauren Lösungsmittel aHF lässt sich ein Arylrest durch elektrophilen Angriff quantitativ abspalten unter Bildung äquimolarer Mengen $[\text{C}_6\text{F}_5\text{Xe}]^+$ und $\text{C}_6\text{F}_5\text{H}$ [Gl. (6)].



2 verhält sich gegenüber I_2 als Arylierungsmittel [Gl. (7)].



Der Verlauf der Reaktion von **3** mit I_2 oder HF ist aufgrund der beiden ungleichen C-Xe-Bindungen komplizierter. Der Umsatz des C_6F_5 -Restes in **3** wurde ^{19}F -NMR-spektroskopisch verfolgt. Dabei entstanden $\text{C}_6\text{F}_5\text{I}$, $\text{C}_6\text{F}_5\text{H}$ und $\text{C}_6\text{F}_5\text{CN}$ (5:3:1) bzw. $[\text{C}_6\text{F}_5\text{Xe}]^+$, $\text{C}_6\text{F}_5\text{H}$ und $\text{C}_6\text{F}_5\text{CN}$ (4:1:3). **1** reagiert aufgrund seiner guten Fluoriddonoreigenschaft schon mit schwächeren Lewis-Säuren wie SiF_4 oder $\text{C}_6\text{F}_5\text{BF}_2$ [Gl. (8), (9)].



Durch Heterokern-NMR-Spektroskopie (^{19}F , ^{129}Xe , ^{13}C , ^{15}N) in CH_2Cl_2 -Lösungen konnte die Konstitution von **1** – **3** bestimmt werden (Tabelle 1). Die Kopplungskonstanten wurden z.T. durch ^{19}F - und ^{129}Xe -Entkopplungsexperimente bestimmt und abgesichert. Das ^{129}Xe -Spektrum von **1** bestätigt mit seiner großen $^1J_{\text{Xe},\text{F}}$ (Dublett, 4014 Hz) und der kleinen $^3J_{\text{Xe},\text{o-F}}$ -Kopplung (Triplet, 82 Hz) zweifelsfrei die Konstitution von **1**. Im ^{129}Xe -Spektrum von **2** wird bei $\delta = -4152$ (die niedrigste Frequenz einer Xe^{II} -Spezies!) ein nicht vollständig aufgelöstes Multiplett gefunden. Das zugehörige o-F -Signal bei $\delta = -133.05$ weist ^{129}Xe -Satelliten entsprechender Intensität auf. Die $^3J_{\text{F},\text{Xe}}$ -Kopplung ist bei selektiver $m\text{-F}$ -Entkopplung gemessen 43 Hz. Das ^{129}Xe -NMR-Spektrum von $\text{C}_6\text{F}_5\text{XeCN}$ weist ein Triplet ($^3J_{\text{Xe},\text{F}} = 86$ Hz) auf. In der markierten Verbindung $\text{C}_6\text{F}_5\text{Xe}^{13}\text{CN}$ (Abbildung 1) wird eine zusätzliche Dublettaufspaltung ($^1J_{\text{Xe},\text{C}} = 1060$ Hz) beobachtet. In der markierten Verbindung $\text{C}_6\text{F}_5\text{XeC}^{15}\text{N}$ wird aus dem ^{129}Xe -Signal durch ^{19}F -Entkopplung ein Dublett ($^2J_{\text{Xe},\text{N}} = 21$ Hz).

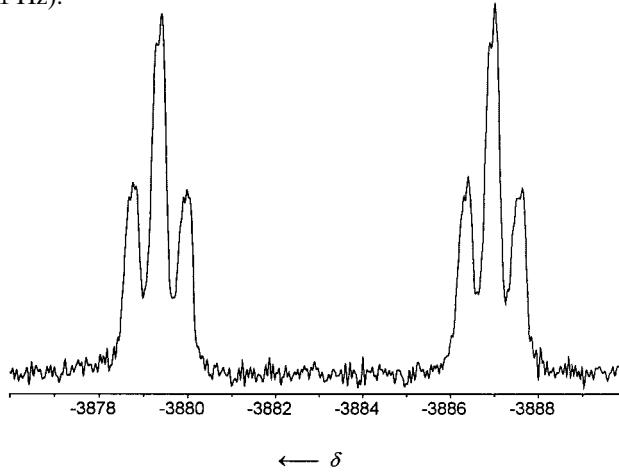


Abbildung 1. ^{129}Xe -NMR-Spektrum von $\text{C}_6\text{F}_5\text{Xe}^{13}\text{CN}$ in CD_2Cl_2 bei -78°C .

Tabelle 1. NMR-spektroskopische Charakterisierung der Verbindungen **1** – **3**^[a].

^{19}F -NMR	$\delta(\text{o-F})$	$\delta(\text{p-F})$	$\delta(\text{m-F})$	$\delta(\text{Xe-F})$	$^3J_{\text{p-F},\text{F}}$	$^3J_{\text{F},\text{Xe}}$	$^4J_{\text{F},\text{Xe-F}}$	$^1J_{\text{F},\text{Xe}}$	
RXeF	1	-129.35	-146.87	-156.49	-3.50 ^[b]	20	81 ^[c]	19 ^[c]	4010
RXeR	2	-133.05	-154.14	-159.04		21	43 ^[c]		
RXeCN	3	-131.54	-147.50	-156.39		21	87		
$^{13}\text{C}^{[19]\text{F}}$ -NMR	$\delta(\text{C(1)})$	$\delta(\text{C(2.6)})$	$\delta(\text{C(3.5)})$	$\delta(\text{C(4)})$	$^1J_{\text{C},\text{Xe}}$	$^2J_{\text{C(1),o-F}}$	$^2J_{\text{C,Xe-F}}$	$^3J_{\text{C,Xe-F}}$	
RXeF	1	86.35	143.90	137.14	143.09	111 ^[d]	28	115 ^[d]	ca. 6 ^[c]
RXeR	2	122.59	143.01	136.31	140.64				
RXeCN	3 ^[e]	103.07	143.11	137.10	142.82	66			
^{129}Xe	Xe				$^3J_{\text{Xe},\text{F}}$	$^1J_{\text{Xe},\text{F}}$			
RXeF	1	-3789.2				82	4014		
RXeR	2	-4152 ^[f]							
RXeCN	3	-3883.2				86			

ausgewählte δ - und J -Werte von markiertem **3**:

^{13}C	CN	$^1J_{\text{CN,Xe}}$	$^2J_{\text{CN,C(1)}}$
RXe^{13}CN	125.68	1060	142
^{15}N	CN	$^2J_{\text{N,Xe}}$	
RXeC^{15}N	123.7	22	

[a] $\text{R} = \text{C}_6\text{F}_5$. Die NMR-Messungen erfolgten in FEP-Probenröhrencheneinsätzen (FEP = Tetrafluorethylen-Hexafluorpropylen-Copolymer) in CD_2Cl_2 bei -78°C mit einem Bruker-AVANCE-DRX-500-Spektrometer. Die ^{19}F -, ^{129}Xe -, ^{13}C - und ^{15}N -Verschiebungen sind auf die Standards C_6F_6 ($\delta(\text{CCl}_3\text{F}) = -162.9$), XeOF_4 (24°C), TMS bzw. CD_3NO_2 (24°C) bei der jeweiligen Messtemperatur bezogen. [b] br.s, $\tau_{1/2}$ verringert sich bei Zusatz von F^- .^[11] [c] Aus ^{19}F -Entkopplungsexperimenten. [d] Aus INEPT-Experimenten. [e] $\delta(\text{CN}) = 125.22$. [f] m, $\tau_{1/2} \approx 150$ Hz.

Tabelle 2. Berechnete (Gaussian 94, RHF, LANL2DZ) geometrische Parameter und Ladungen (Mulliken) für C_6F_5XeZ -Moleküle^[a].

C_6F_5XeZ	Molekül	Sym.	ausgewählte geometrische Parameter ^[b]			Xe	ausgewählte Mulliken-Ladungen	
			C(1)-Xe	Xe-Z	C(2)-C(1)-C(6)		C_6F_5	C(1)
C_6F_5XeF	1	C_s	2.20	2.13	117.7	1.148	-0.415	-1.001
$C_6F_5XeC_6F_5$	2	C_1	2.34	2.34	117.4	0.980	-0.490	-0.687
C_6F_5XeCN	3	C_s	2.24	2.38	118.1	0.967	-0.403	-0.853
Siehe: Lit. [12]								-0.564 ^[c]
$C_6F_5Xe \cdots F$ -AsF ₅	$\simeq C_s$	2.12	2.56	121.3	1.083	-0.134	-1.032	-0.948
$[C_6F_5Xe]^+$	C_s	2.16	-	122.7	0.886	0.114	-0.870	-
FXeF	$D_{\infty h}$	-	2.03	-	1.306	-	-	-0.653

[a] Z = zweiter Bindungspartner an Xe^{II}; [b] In Å bzw. °; [c] Mulliken-Ladung auf C im CN-Liganden: -0.466.

Die Ab-initio-Rechenergebnisse für **1** – **3** zeigen folgenden Verlauf der C-Xe-Abstände: **2** > **3** > **1**, also umgekehrt zum Verlauf der Mulliken-Ladungen des Liganden Z in C_6F_5XeZ (Tabelle 2). Der Vergleich der Daten von **1** und $C_6F_5Xe \cdots F$ -AsF₅^[12] macht den Unterschied beim Übergang von der asymmetrisch hypervalenten C-Xe-F-Bindung zu einem signifikanten C-Xe ··· F-Kontakt deutlich: Die negative Ladung von Z nähert sich -1 während die negative Ladung des C_6F_5 -Restes deutlich abnimmt. Der hohe anionische Charakter des C_6F_5 -Restes in **1** – **3** ist im Einklang mit den beobachteten Reaktivitäten gegenüber Elektrophilen und erklärt, die gegenüber $[C_6F_5Xe]^+$ bei tieferen Frequenzen erscheinenden Verschiebungen der *p*-F-Atome.

Experimentelles

1: Zu einer CH₂Cl₂-Suspension (1.5 mL) von $[C_6F_5Xe][AsF_6]$ (131 mg, 0.27 mmol) bei -78°C in einer 8-mm-FEP-Falle wurde eine gekühlte CH₂Cl₂-Lösung (1 mL) von $[NMe_4]F$ (25 mg, 0.27 mmol) gegeben und 2 Tage bei -78°C gerührt, bis das Fluorid vollständig umgesetzt war. Festes $[NMe_4][AsF_6]$ wurde abgetrennt und in der verbleibenden Lösung wurde **1** quantitativ bestimmt (¹⁹F-NMR): 0.19 mmol, 70%. Die weiteren Umsetzungen erfolgten in der Regel mit solchen kalten Lösungen von **1**. Durch Abpumpen von CH₂Cl₂ bei 10^{-2} hPa/≤-55°C und Nachrocknen bei ≤-40°C konnte **1** als farbloser Feststoff erhalten werden, der sich nach Aufwärmung auf 20°C innerhalb von 4 h vollständig zersetzte. In CH₂Cl₂-Lösung erfolgte eine merkliche Zersetzung ab -30°C unter Bildung von C_6F_5H sowie Spuren von C_6F_5Cl .

2: Die auf -78°C gekühlte CH₂Cl₂-Lösung (1.5 mL) von **1** (0.08 mmol) wurde mit einer kalten CH₂Cl₂-Lösung (0.5 mL) von Cd(C_6F_5)₂ (17 mg, 0.04 mmol) versetzt und gerührt. Nach 5 min fiel CdF₂ als Feststoff aus. Nach weiteren 10 min war die Reaktion beendet laut ¹⁹F-NMR. Die Mutterlauge wurde abgetrennt und enthielt neben 0.06 mmol (75%) **2**, 4 μmol C_6F_5H und 2 μmol (C_6F_5)₂. Die Isolierung von festem **2** erfolgte in der für **1** beschriebenen Weise. **2** zersetzte sich als Feststoff bei RT innerhalb von 1 h und in CH₂Cl₂-Lösung bei -40°C innerhalb von 9 h ($C_6F_5H:(C_6F_5)_2$ = 1:0.1).

3: Die auf -78°C gekühlte CH₂Cl₂-Lösung (1.5 mL) von **1** (0.10 mmol) wurde mit einer kalten CH₂Cl₂-Lösung (0.5 mL) von Me₃SiCN (14 μL, 0.10 mmol) (bzw. den ¹³CN- oder ¹⁵N-Derivaten) versetzt und gerührt. Nach 5 min hatten sich die Edukte quantitativ umgesetzt (¹⁹F-NMR) und es lag ein 1:1-Gemisch von **3** und Me₃SiF vor. CH₂Cl₂ und Me₃SiF wurden bei 10^{-2} hPa/≤-55°C abdestilliert und der weiße Feststoff bei 10^{-2} hPa/≤-40°C/ getrocknet. Der Feststoff zersetzte sich während des schnellen Aufheizens auf RT spontan. CH₂Cl₂-Lösungen von **3** zersetzten sich bei -40°C innerhalb von 2 h vollständig unter Bildung von C_6F_5CN und C_6F_5H (4:1).

Bei der Reinheitskontrolle der kalten Feststoffe nach Auflösen in CH₂Cl₂ bei -78°C wurden im Falle von **1** und **2** Zersetzunggrade bis 10% beobachtet, beim thermisch labileren Produkt **3** bis zu 30%.

Eingegangen am 18. August 2000 [Z15656]

- D. Naumann, W. Tyrra, *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* **1989**, 47; H.-J. Frohn, S. Jakobs, *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* **1989**, 625.
- H.-J. Frohn, V. V. Bardin, *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* **1993**, 1072.
- V. V. Zhdankin, P. J. Stang, N. S. Zefirov, *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* **1992**, 578.
- H.-J. Frohn, A. Klose, G. Henkel, *Angew. Chem.* **1993**, 105, 114; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1993**, 32, 99.
- H.-J. Frohn, T. Schroer, *Angew. Chem.* **1999**, 111, 2751; *Angew. Chem. Int. Ed.* **1999**, 38, 2554.
- K. Akiba, *Chemistry of Hypervalent Compounds*, Wiley-VCH, New York, **1998**.
- L. Turbini, R. Aikman, R. Lagow, *J. Am. Chem. Soc.* **1979**, 101, 5833.
- H.-J. Frohn, M. Theiß, *Abstr. 2P-20 16th Int. Symp. Fluorine Chem.* (Durham, Großbritannien), **2000**.
- H.-J. Frohn, T. Schroer, M. Theiß, *Abstr. B37 12th Europ. Symp. Fluorine Chem.* (Berlin, Deutschland) **1998**; M. Theiß, H.-J. Frohn, *Abstr. 24 8. Dt. Fluortagung* (Schmitten, Deutschland), **1998**; H.-J. Frohn, A. Klose, V. V. Bardin, A. J. Kruppa, T. V. Leshina, *J. Fluorine Chem.* **1995**, 70, 147.
- V. V. Bardin, I. V. Stennikova, G. G. Furin, T. V. Leshina, G. G. Yakobson, *J. Gen. Chem. USSR* **1988**, 58, 2297; A. P. Lothian, C. A. Ramsden, *Synlett* **1993**, 753; H.-J. Frohn, V. V. Bardin, *J. Organomet. Chem.* **1995**, 501, 155.
- K. O. Christe, E. C. Curtis, D. A. Dixon, H. P. Mercier, J. C. P. Sanders, G. J. Schrobilgen, *J. Am. Chem. Soc.* **1991**, 113, 3351.
- H.-J. Frohn, A. Klose, T. Schroer, G. Henkel, V. Buß, D. Opitz, R. Vahrenhorst, *Inorg. Chem.* **1998**, 37, 4884.

Enantioselektive Ribozymkatalyse einer bimolekularen Cycloadditionsreaktion**

Burckhard Seelig, Sonja Keiper, Friedrich Stuhlmann und Andres Jäschke*

Die Entwicklung neuer katalytischer Methoden für die regio- und stereoselektive Synthese ist eine zentrale Aufgabe der modernen chemischen Forschung. Verschiedene Strategien haben den Einsatz und die Verbesserung von syn-

[*] Priv.-Doz. Dr. A. Jäschke, Dr. B. Seelig, S. Keiper, Dr. F. Stuhlmann
Freie Universität Berlin
FB Biologie, Chemie und Pharmazie, Institut für Chemie
Thielallee 63, 14195 Berlin (Deutschland)
Fax: (+49) 30-8385-5060
E-mail: jaschke@chemie.fu-berlin.de

[**] Diese Arbeit wurde durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (Ja 794/3-1) und das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BEO 0311861) gefördert. Wir bedanken uns bei Dr. S. Klußmann und Dr. S. Vonhoff (Noxxon Pharma AG, Berlin) für die Synthese des L-Ribozyms.