

Während bei den 3,4-Dihydroisocumarinen die Biosynthese über Pentaketide mit mindestens einer Acetyl- und einer variablen Zahl an Propionyleinheiten verläuft, werden für den Aufbau der δ -Lactone drei oder vier Carbonsäureeinheiten benötigt, wobei die Zahl der verwendeten Propionatbausteine überwiegt. Acetat ist nicht essentiell, es können auch nur Propionateinheiten (wie bei der Bildung von 10) verwendet werden.

Noch nicht eindeutig geklärt ist die Frage, ob an der Biosynthese der Spurpheromone Endosymbionten beteiligt sind.^[7] Orientierende Untersuchungen durch Fütterungsversuche mit Antimykotika und Antibiotika ergaben, daß die verabreichten Verbindungen keinen Einfluß auf die Bildung der Pheromone ausüben.

Eingegangen am 8. Juli 1996 [Z9304]

Stichworte: Biosynthese · Lipide · Pheromone

Asymmetrische Mannich-Synthese von β -Aminosäuren mit neuen stereogenen Zentren in α - und β -Position**

Horst Kunz,* Andreas Burgard und Dirk Schanzenbach

Professor Leopold Horner zum 85. Geburtstag gewidmet

Chirale β -Aminosäuren sind wichtige Bausteine von Natur- und Wirkstoffen, z. B. Peptiden,^[1] Antibiotika^[2] und Cytostatika wie Taxol.^[3] Sie können darüber hinaus in β -Lactame umgewandelt werden, eine bedeutsame Klasse von Antibiotika.^[4] Daher hat das Interesse an asymmetrischen Synthesen von chiralen β -Aminosäuren in jüngster Zeit stark zugenommen.^[5] Abgesehen von stereokonservativen Verfahren, die meistens von enantiomerenreinen α -Aminosäurederivaten^[5,6] ausgehen, wurden insbesondere Additionen von Aminen und Amidinen an α,β -ungesättigte Carbonsäurederivate^[5,7] und Reaktionen von Iminen mit Esterenolat-Äquivalenten^[5,8-12] für die stereoselektiven Synthesen dieser Verbindungen verwendet. β -Aminosäuren mit stereogenen Zentren in α - und β -Position wurden durch Michael-Addition und anschließende Alkylierung erhalten.^[13] Alternativ können chirale Esterenolate^[8,10-12] mit Iminen umgesetzt werden, wobei oft β -Lactame direkt entstehen,^[11,12] aber auch β -Aminosäurethioester als Zwischenprodukte^[10] sowie *N*-Aryl- β -aminosäureester^[8] isoliert wurden.

Durch die Zinkchlorid-katalysierte Mannich-Reaktion von 2,2-disubstituierten Silylketenacetalen mit *N*-Galactosylaldimininen können β -Aminosäureester in hohen Ausbeuten und mit hoher Diastereoselektivität erhalten werden.^[9] Weiterer Vorteil dieser Synthese ist, daß das Auxiliar durch einfache Acidolyse der *N*-glycosidischen Bindung von den Produkten abgespalten und zurückgewonnen werden kann. Leider ließ sich dieser Prozeß nicht mit gleichem Erfolg auf prochirale monosubstituierte Silylketenacetate übertragen. Vermutlich katalysiert Zinkchlorid bei den sterisch weniger anspruchsvollen Silylketenacetalen eine rasche $O \rightarrow C$ -Silylwanderung, noch ehe der Angriff am Imin erfolgt.

Ein allgemeiner stereoselektiver Zugang zu β -Aminosäuren mit zwei neuen stereogenen Zentren (in α - und β -Position) wird ermöglicht, wenn die *N*-Galactosylimine 1 mit Bis-*O*-trimethylsilylketenacetalen 2^[14] in Gegenwart von Zinkchlorid in Tetrahydrofuran umgesetzt werden (Tabelle 1).

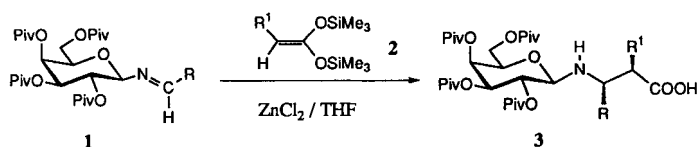
Ausbeute und Diastereoselektivität sind bei dieser Mannich-Reaktion zweier prochiraler Verbindungen in der Regel hoch. Durchweg werden nur zwei von vier möglichen Diastereomeren gebildet, wobei in den meisten Fällen eines stark überwiegt. Auffällig ist, daß sowohl 1e als auch 1a wenig reaktiv sind und erst bei ca. 0 °C umgesetzt werden. Dennoch verläuft die Reaktion von 1a mit 2a zu 3a mit exzellenter Diastereoselektivität. Gleiches gilt für die Imine substituierter Benzaldehyde, wenn sie mit 2a umgesetzt wurden. In den gebildeten Produkten 3b-d konnte das zweite Diastereomer nicht zweifelsfrei nachgewiesen werden. Die *N*-Galactosylimine 1b-d, 1f und 1g reagieren auch

[*] Prof. Dr. H. Kunz, Dr. A. Burgard, Dr. D. Schanzenbach^[+]
Institut für Organische Chemie der Universität
D-55099 Mainz
Telefax: Int. + 6131/39-4786
E-mail: hokunz@goofy.zdv.uni-mainz.de

[+] Neue Adresse:
Institut für Organische Chemie und Strukturanalytik der Universität
Am Neuen Palais 10, D-14469 Potsdam

[**] Diese Arbeit wurde vom Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung und vom Fonds der Chemischen Industrie gefördert.

- [1] B. Hölldobler, E. O. Wilson, *The Ants*, Springer, Berlin, 1990.
- [2] B. D. Jackson, E. D. Morgan, *Chemoecology* 1993, 4, 125–144.
- [3] Zur Biosynthese von Substanzen, die den Abwehrstoffen zugeordnet werden, siehe: G. M. Happ, J. Meinwald, *J. Am. Chem. Soc.* 1965, 87, 2507–2508; A. Hefetz, M. S. Blum, *Science* 1978, 201, 454–455; J. H. Kim, R. F. Toia, *J. Nat. Prod.* 1989, 52, 63–66; B. Renson, P. Merlin, D. Daloze, J. C. Breakman, Y. Roisin, J. M. Pasteels, *Can. J. Chem.* 1994, 72, 105–109.
- [4] a) H. J. Bestmann, F. Kern, D. Schäfer, M. C. Witschel, *Angew. Chem.* 1992, 104, 757–758; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* 1992, 31, 795–796; b) H. J. Bestmann, U. Haak, F. Kern, B. Hölldobler, *Naturwissenschaften* 1995, 82, 142–144; c) E. Übler, F. Kern, H. J. Bestmann, B. Hölldobler, A. B. Attygalle, *ibid.* 1995, 82, 523–525; d) U. Haak, B. Hölldobler, H. J. Bestmann, F. Kern, *Chem. Ökol.*, im Druck; e) F. Kern, R. W. Klein, E. Janssen, H. J. Bestmann, D. Schäfer, U. Maschwitz, A. B. Attygalle, *J. Chem. Ecol.*, im Druck; f) U. Haak, Dissertation, Universität Erlangen-Nürnberg, 1995; g) E. Übler, Dissertation, Universität Erlangen-Nürnberg, 1996; h) J. Tenschert, Diplomarbeit, Universität Erlangen-Nürnberg, 1995.
- [5] R. A. Hill in *Fortschritte der Chemie Organischer Naturstoffe*, Vol. 49 (Hrsg.: W. Herz, H. Griesebach, G. W. Kirby, C. Tamm), Springer, New York, 1986, S. 1–78.
- [6] T. C. Baker, R. Nishida, W. L. Roelofs, *Science* 1981, 214, 1359–1361.
- [7] G. Kunesch, P. Zagatti, A. Pourreau, R. Cassini, *Z. Naturforsch. C* 1987, 42, 657–659.
- [8] J. J. Brophy, G. W. K. Cavill, W. D. Plant, *Insect Biochem.* 1981, 11, 307–310; *ibid.* 1984, 14, 738.
- [9] T. H. Jones, H. M. Fales, *Tetrahedron Lett.* 1983, 24, 5439–5440.
- [10] a) R. S. Mali, P. G. Jagtap, S. G. Tilve, *Synth. Commun.* 1990, 20, 2641–2652; b) R. S. Mali, P. G. Jagtap, S. R. Patil, P. N. Pawar, *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* 1992, 883–884.
- [11] a) E. D. Morgan, L. J. Wadhams, *J. Chromatogr. Sci.* 1972, 10, 528–529; b) A. B. Attygalle, M. Herrig, O. Vostrowsky, H. J. Bestmann, *J. Chem. Ecol.* 1987, 13, 1299–1311.
- [12] a) J. S. E. Holker, T. F. Simpson, *J. Chem. Soc. Perkin 1* 1981, 1397–1400; b) C. Abell, M. J. Garson, F. J. Lepper, J. Staunton, *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* 1982, 1011–1013; c) C. Abell, D. M. Doddrell, M. J. Garson, E. D. Laue, J. Staunton, *ibid.* 1983, 694–696.
- [13] C. M. Sun, R. F. Toia, *J. Nat. Prod.* 1993, 56, 953–956.

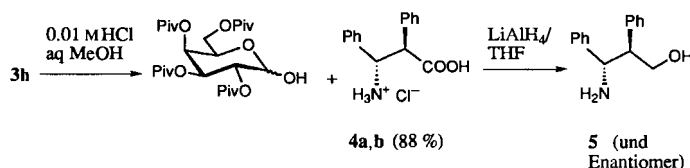
Tabelle 1. Asymmetrische Mannich-Synthese von α -verzweigten β -Aminosäuren.

1/2	R	R ¹	T [°C]/t [h]	3	Ausb. [%]	d.r. [a]
a/a	Ph	Me	0/144	a	45	>20:1:0:0
b/a	3-Cl-Ph	Me	-30/48	b	94	>20:1:0:0
c/a	4-F-Ph	Me	-30/48	c	88	>20:1:0:0
d/a	4-Me-Ph	Me	-30/48	d	90	>20:1:0:0
e/a	2-Napht	Me	0/96	e	97	3:1:0:0
f/b	4-Cl-Ph	Et	-30/48	f	90	10:1:0:0
g/c	n-Pentyl	Ph	-30/96	g	72	15:1:0:0
a/c	Ph	Ph	-30 → 20/16	h	68	8:1:0:0
f/c	4-Cl-Ph	Ph	-30/72	i	94	18:1:0:0

[a] 400MHz-¹H-NMR-Spektrum vom Rohprodukt, da wegen des Betaincharakters durch HPL-Chromatographie keine zufriedenstellende Trennung zu erreichen war.

mit den anspruchsvolleren Bissilylketenacetalen mit hoher Diastereoselektivität. Nach Überführen in die Methylester mit Diazomethan kann eine Trennung und starke Anreicherung der β -Aminosäurediastereomere erreicht werden.

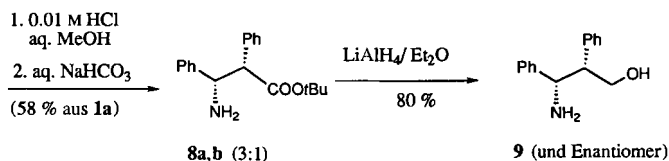
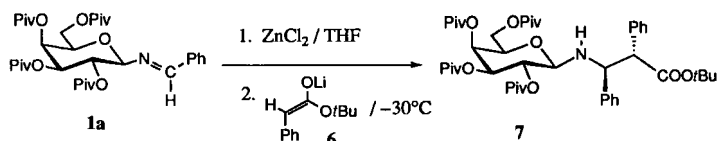
Zur Ermittlung der Konfiguration der β -Aminosäuren **3** wurde aus **3h** das 2,3-Diphenyl- β -alanin **4** mit 1 N HCl in Methanol abgespalten und mit Lithiumaluminiumhydrid zu 3-Amino-2,3-diphenylpropanol **5** reduziert, von dem alle vier Stereoisomere beschrieben sind (Schema 1).^[15, 16]

Schema 1. Konfigurationsbestimmung bei den β -Aminosäuren **3** durch Abspaltung von **4** aus **3h** und Reduktion zu **5**; nur **4a** ist dargestellt.

Das ¹H-NMR-Spektrum von **4** verdeutlicht, daß die beiden Diastereomere von **3h** (Verhältnis 8:1, Tabelle 1) Enantiomere der β -Aminosäure **4** enthalten. Der Vergleich des Drehwerts und der ¹H-NMR-Spektren von **5** mit publizierten Daten^[15, 16] ergibt, daß es sich um die *erythro*-Verbindungen **4a** und **4b** handelt, wobei **4a** mit (2*R*,3*S*)-Konfiguration bevorzugt gebildet wird (Tabelle 2). Vorausgesetzt, daß bei der Reduktion keine Epimerisierung eingetreten ist, dürfte die Konfigurationszuordnung für alle β -Aminosäuren **3** (Tabelle 1) zutreffen.

Interessanterweise führt die Reaktion des Zinkchlorid-Komplexes von **1a** mit dem Lithiumenolat **6** von Phenyllessigsäure-*tert*-butylester ausschließlich zu den *threo*-diastereomeren β -Aminosäureestern **7** (Schema 2).

Da **7** bei der Reinigung teilweise an der *N*-glycosidischen Bindung gespalten wurde, wurde das Rohprodukt sofort in den β -Aminosäureester **8** überführt (Gesamtausbeute 58%). Das Enantiomerenverhältnis wurde nach Bildung des Amids mit Mosher's Säure^[17] ermittelt. Laut ¹H-NMR-Spektrum von **8** traten nur zwei Enantiomere des 2,3-Diphenyl- β -alaninesters auf. Durch Vergleich des Drehwerts und der ¹H-NMR-Daten von **9** mit Literaturangaben wurde deutlich,^[15, 16] daß nur die *threo*-Enantiomere (im 3:1-Verhältnis zugunsten des (2*S*, 3*S*)-Enantiomers) vorlagen (Tabelle 2).

Schema 2. Reaktion von **1a** mit **6** in Gegenwart von Zinkchlorid zu den *threo*-diastereomeren β -Aminosäureestern **7**; nur ein Enantiomer von **8** ist dargestellt.Tabelle 2. Konfigurationszuordnung bei **5** und **9** durch Vergleich mit ¹H-NMR-spektroskopischen Daten [15, 16] für das *erythro*- und das *threo*-Isomer (*J* in Hz).

$\begin{array}{c} \text{Ph} \quad \text{Ph} \quad \text{H}_A \\ \quad \quad \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\ \quad \quad \\ \text{H}_C \quad \text{H}_X \quad \text{H}_B \end{array}$	J_{AX}	J_{BX}	J_{CX}	J_{AB}	$[\alpha]_D^{22}$ [a]	Konfiguration
<i>erythro</i>	9.3	2.7	9.0	11.3	+71.9	2 <i>R</i> , 3 <i>S</i>
<i>threo</i>	6.0	6.0	8.0	6.0	-30.6	2 <i>S</i> , 3 <i>S</i>
5 (ee 78%)	8.6	3.7	9.4	11.2	+55.0 (+56.0)	<i>erythro</i>
9 (ee ca. 50%)	6.3	6.3	7.7	6.3	-13.9 (-15.3)	<i>threo</i>

[a] *c* = 3, CHCl₃; in Klammern: berechneter Wert.

Es ist bemerkenswert, daß durch Wahl des C-Nucleophils der Zugang zu beiden diastereomeren Reihen der α,β -disubstituierten β -Aminosäuren (und 3-Aminopropanole) möglich ist: Verwendet man prochirale Bissilylketenacetale, so erhält man (meist mit hoher asymmetrischer Induktion) *erythro*-Diastereomere, mit dem Lithiumesterenolat dagegen selektiv *threo*-Diastereomere, wobei weitere Beispiele und Wege zur Erhöhung der asymmetrischen Induktion noch zu untersuchen sind. Durch *N*-Acylierung können die *N*-Galactosyl- β -aminosäureester **7** stabilisiert und gereinigt werden, so daß wir hoffen, auch die Enantiomeren der *threo*-Reihe zu erhalten. Die erstaunlich konzentrierte Seitendifferenzierung an Imin und Bissilylketenacetal sowie Lithiumesterenolat können wir bisher nicht erklären. In jedem Fall wird das Imin bevorzugt von der sterisch weniger abgeschirmten *Si*-Seite angegriffen, wodurch die Hauptdiastereomere **3** bzw. **7** mit 3*S*-Konfiguration gebildet werden. Mit 2,3,4-Tri-*O*-pivaloyl- α -D-arabinosylamin als Auxiliar können in gleicher Weise die entgegengesetzt konfigurierten Enantiomere zu **4** und **8** hergestellt werden.^[18] Damit werden nach dem vorgestellten Verfahren alle vier Stereoisomere der α - und β -substituierten β -Aminosäuren stereoselektiv zugänglich.

Eingegangen am 10. September 1996 [Z9542]

Stichworte: Aminosäuren • Asymmetrische Synthesen • Chiralität • Naturstoffe

- [1] T. Wakamiya, T. Shiba, T. Kaneko, *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **1972**, *45*, 3668; H. Allgaier, G. Winkelmann, G. Jung, *Liebigs Ann. Chem.* **1984**, 854; H. Sone, T. Nemoto, H. Ishiwata, M. Ojika, K. Yamada, *Tetrahedron Lett.* **1993**, *34*, 8449.
- [2] M. Hamada, T. Takeuchi, S. Kondo, Y. Ikeda, H. Naganawa, M. Maeda, Y. Okami, H. Umezawa, *J. Antibiot.* **1970**, *23*, 170; S. Nomoto, T. Teshima, T. Wakamiya, T. Shiba, *Tetrahedron Lett.* **1978**, *19*, 921; L. Yang, A. E. Weber, W. J. Greenlee, A. Patchell, *ibid.* **1993**, *34*, 7035.
- [3] N. Katayama, Y. Nozaki, S. Tsubotani, M. Kondo, S. Harada, H. Ono, *J. Antibiot.* **1990**, *43*, 10; Totalsynthese: R. A. Holton, H.-B. Kim, C. Somoza, F. Liang, R. J. Biediger, P. D. Boatman, M. Shindo, C. C. Smith, S. Kim, H. Nadizedeh, Y. Suzuki, C. Tao, P. Vu, S. Tang, P. Zhang, K. K. Murti, L. N.

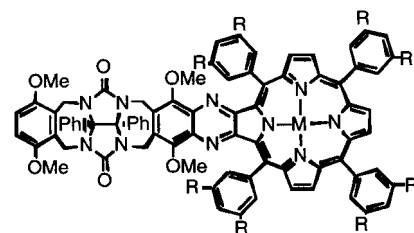
- Gentile, J. H. Lin, *J. Am. Chem. Soc.* **1994**, *116*, 1599; K. C. Nicolaou, H. Ueno, J.-J. Lin, P. G. Nantermet, Z. Yang, J. Renaud, K. Paulvannan, R. Chadha, *ibid.* **1995**, *117*, 653.
- [4] T. Yoshioka, T. Kuraoka, T. Takita, K. Maeda, H. Umezawa, *J. Antibiot.* **1972**, *25*, 625; *The Organic Chemistry of β -Lactams* (Hrsg.: G. I. Georg), VCH, New York, **1993**.
- [5] Übersichtsartikel: D. C. Cole, *Tetrahedron* **1994**, *50*, 9517.
- [6] Neuere Beispiele: J. Podlesch, D. Seebach, *Liebigs Ann. Chem.* **1995**, 1987; J. Escalante, E. Juaristi, *Tetrahedron Lett.* **1995**, *35*, 4397; G. Cardillo, S. Casolari, L. Gentilucci, C. Tomasini, *Angew. Chem.* **1996**, *108*, 1939; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1996**, *35*, 1848.
- [7] Neuere Beispiele: D. Enders, H. Wahl, W. Bettray, *Angew. Chem.* **1995**, *107*, 527; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1995**, *34*, 455; S. G. Davies, O. Ichihara, *Tetrahedron: Asymmetry* **1996**, *7*, 1919, zit. Lit.
- [8] C. Gennari, I. Venturini, G. Gislon, G. Schimperna, *Tetrahedron Lett.* **1987**, *28*, 227.
- [9] H. Kunz, D. Schanzenbach, *Angew. Chem.* **1989**, *101*, 1042; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1989**, *28*, 1068; H. Kunz, *Pure Appl. Chem.* **1995**, *67*, 1627.
- [10] E. J. Corey, C. P. Decicco, R. C. Newbold, *Tetrahedron Lett.* **1991**, *32*, 5287.
- [11] Neuere Beispiele: M. Braun, H. Sacha, D. Galle, A. El-Alali, *Tetrahedron Lett.* **1995**, *36*, 4213.
- [12] I. Ojima, I. Habus, M. Zhao, G. I. Georg, L. R. Jayasinghe, *J. Org. Chem.* **1991**, *56*, 1681.
- [13] D. Enders, W. Bettray, G. Raabe, J. Runsink, *Synthesis* **1994**, 1322.
- [14] C. Ainsworth, Y. Kuo, *J. Organomet. Chem.* **1972**, *46*, 73.
- [15] G. Fodor, R. E. Reavill, J. Stefanovsky, B. Kurtev, H. J. Bernstein, *Tetrahedron* **1966**, *22*, 235.
- [16] G. Fodor, R. E. Reavill, J. Stefanovsky, B. Kurtev, *Chem. Ber.* **1965**, *98*, 705; N. D. Berova, B. Kurtev, *Tetrahedron* **1969**, *25*, 2301.
- [17] J. A. Dale, D. L. Dull, H. S. Mosher, *J. Org. Chem.* **1969**, *34*, 2543.
- [18] H. Kunz, W. Pfrengle, K. Rück, W. Sager, *Synthesis* **1991**, 1039; D. Schanzenbach, Dissertation, Universität Mainz, **1992**.

Untersuchung von Elektronentransferprozessen mit neuartigen, spaltenbildenden Porphyrinen**

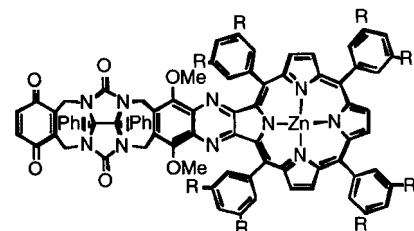
Joost N. H. Reek, Alan E. Rowan, René de Gelder, Paul T. Beurskens, Maxwell J. Crossley, Steven De Feyter, Frans de Schryver und Roeland J. M. Nolte*

Zur Herstellung künstlicher Photosynthesesysteme ist es von Interesse, den Mechanismus detailliert zu verstehen, nach dem Licht z. B. durch die Photosynthesezentren in den Purpurbakterien *Rhodospseudomonas viridis* und *Rhodobacter sphaeroides* sehr effizient in chemische Energie umgewandelt wird.^[1] In den letzten Jahren sind die Strukturen dieser Reaktionszentren aufgeklärt worden,^[1] und in Kombination mit spektroskopischen Untersuchungen an diesen Systemen^[2] sowie an Modellverbindungen^[3] konnte ein tieferer Einblick in die Funktionsweise der Reaktionszentren und die Bedeutung einiger Variable erhalten werden. Die bis heute bekannten Systeme enthalten ausschließlich kovalent verknüpfte Chromophore. Nur in wenigen Arbei-

ten wurden Ansätze mit Supramolekülen verfolgt,^[4] und nur ganz selten wurden Modellsysteme beschrieben, die zur Untersuchung des Einflusses von aromatischen Aminosäureresten verwendet werden können, die als verbrückende Moleküle den Elektronentransfer über große Distanzen verstärken können.^[5,6] In den Photosynthesereaktionszentren von *Rhodospseudomonas viridis* und *Rhodobacter sphaeroides*^[1] befindet sich der aromatische Ring eines Tryptophanrestes im van-der-Waals-Abstand sowohl zum primären Acceptor (einem Bakteriochlorophyll) als auch zum Chinon, so daß davon ausgegangen werden muß, daß er eine wichtige Rolle bei der Elektronenübertragung spielt. Die bis heute zur Untersuchung dieses Phänomens hergestellten Modellsysteme enthalten Chromophore, die durch einen aromatischen Abstandshalter kovalent verknüpft sind. Diese Modellsysteme weisen allerdings einige Einschränkungen auf, wovon die größte die ist, daß der Elektronentransfer vorwiegend über die Bindungen erfolgt. Wir beschreiben hier einige neuartige Porphyrine, die eine Diphenylglycolurileneinheit aufweisen und die eine Substratbindungsstelle sowie entweder eine Donor- (1) oder eine Acceptorgruppe (2) enthalten. Diese Systeme



1a: R = H, M = 2H
1b: R = H, M = Zn
1c: R = *t*Bu, M = Zn



2: R = *t*Bu

me sind entwickelt worden, um den Einfluß von aromatischen Molekülen, die zwischen der Donor- und der Acceptoreinheit komplexiert sind, auf den Elektronentransfer zu untersuchen.

Das Porphyrin **1a** wurde aus dem Diphenylglycoluril **3b**^[7] synthetisiert, das dazu in zwei Schritten zum Diamin **4b** umgesetzt wurde (Schema 1): Zuerst wurde die zweite *p*-Dimethoxybenzol-, Seitenwand errichtet, und nach der Reduktion der Nitrogruppen wurde **4b** in ca. 50 % Gesamtausbeute erhalten. Eine einfache Kondensation von **4b** mit dem Porphyrindiketon **5**^[8] lieferte **1a** in 28 % Ausbeute (Tabelle 1), das in einer siedenden DMF-Toluol-Mischung mit Zinkacetat im Überschuß glatt zu **1b** metalliert wurde (90 % Ausbeute). Die Verbindung **1c** wurde analog hergestellt. Durch Kondensation von Hydrochinon und **3b**, Oxidation der Hydrochinon- zur Benzochinongruppe und Reduktion der Nitro- zu Aminogruppen wurde das Diamin **6b** erhalten, das mit **5** zu **2** umgesetzt wurde. Eine vollständige Synthesebeschreibung werden wir an anderer Stelle veröffentlichen.^[7]

Purpurfarbene Kristalle von **1a**, die sich für eine Röntgenstrukturanalyse eigneten, wurden durch langsame Diffusion von Diethylether in eine Chloroformlösung von **1a** erhalten.

[*] Prof. Dr. R. J. M. Nolte, Dr. J. N. H. Reek, Dr. A. E. Rowan
Department of Organic Chemistry
NSR Center, University of Nijmegen
Toernooiveld 6525 ED Nijmegen (Niederlande)
Telefax: Int. + 3124/3652929
E-mail: kunoci1@cammsg1.caos.kun.nl

Dr. R. de Gelder, Prof. Dr. P. T. Beurskens
Crystallography Laboratory, NSR Center, University of Nijmegen
(Niederlande)

Prof. Dr. M. J. Crossley
School of Chemistry, The University of Sydney, NSW 2006 (Australien)
S. De Feyter, Prof. Dr. F. de Schryver
Katholieke Universiteit Leuven, B-3001 Heverlee, Leuven (Belgien)

[**] Wir danken Prof. J.-P. Sauvage und Prof. A. Harriman für wertvolle Diskussionen.