

eine Doppelschicht aus einer lochleitenden Schicht und **1b** konnte eine Lichtemission in einem weiten Spektralbereich erhalten werden. Die entsprechende Dreischichtdiode erscheint weißlich (Abbildung 4). Die meisten der Proben können an Luft unter Laborbedingungen mehrere Stunden bei etwa 10 V betrieben werden.

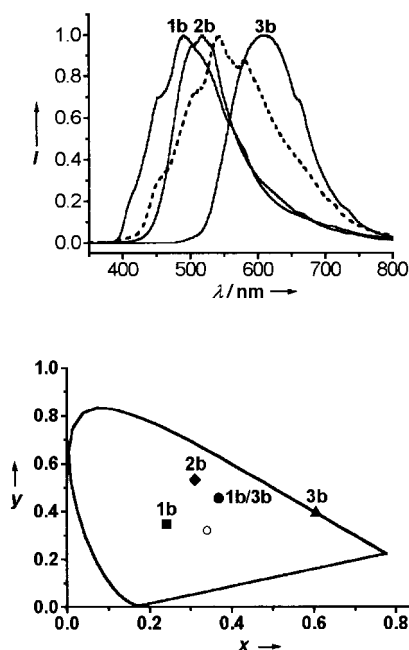


Abbildung 4. Oben: Elektrolumineszenzspektren der Diolen mit einer emittierenden Schicht aus einer der Verbindungen **1b**, **2b** bzw. **3b** (—). Leuchtdiode mit zwei emittierenden Schichten aus den Verbindungen **1b** und **3b** (---). Unten: Farbtorte der Elektrolumineszenz von **1b**, **2b** und **3b** sowie einer Zweischichtprobe mit einer Emissionsschicht aus **1b** und einer aus **3b**. Der Kreis markiert den Unbuntpunkt (weiß).

Die hier vorgestellten Verbindungen sind sehr nützlich, um organische Leuchtdioden mit verschiedenen Farben herzustellen, einschließlich Rot, Grün, Blau und Weiß. Die Farbabstimmung hin zur weißen Emission, die Farbstabilität und die Lebensdauer der Proben können sicherlich noch durch gleichzeitiges Co-Verdampfen von mehreren dieser Verbindungen verbessert werden, welche vermutlich sehr ähnliche elektro- und photochemische Stabilitäten aufweisen. In welchem Maße die Selbstorganisation der flüssigkristallinen Mesophase durch Tempern oder durch ähnliche Verfahren benutzt werden kann, um die Einheitlichkeit der Filme weiter zu erhöhen und die Effizienz dieser Materialien zu verbessern, ist Gegenstand künftiger Untersuchungen.

Eingegangen am 5. Januar 2001 [Z16376]

- [1] a) D. Adam, P. Schuhmacher, J. Simmerer, L. Häussling, K. Siemensmeyer, K. H. Etzbach, H. Ringsdorf, D. Haarer, *Nature* **1994**, 371, 141–143; b) *Handbook of Liquid Crystals* (Hrsg.: D. Demus, J. Goodby, G. W. Gray, H.-W. Spiess, V. Vill), Wiley-VCH, Weinheim, **1998**.
[2] a) T. Christ, B. Glösen, A. Greiner, A. Kettner, R. Sander, V. Stümpfen, V. Tsukruk, J. H. Wendorff, *Adv. Mater.* **1997**, 9, 48–51; b) I. H. Stapff, V. Stümpfen, J. H. Wendorff, D. A. Spohn, D. Möbius, *Liq. Cryst.* **1997**, 23, 613–617; c) I. Seguy, P. Destruel, H. Bock, *Synth. Met.* **2000**, 111–112, 15–18.

- [3] a) C. W. Tang, S. A. VanSlyke, *Appl. Phys. Lett.* **1987**, 51, 913–915; b) J. H. Burroughes, D. D. C. Bradley, A. R. Brown, R. N. Marks, K. Mackay, R. H. Friend, P. L. Burns, A. B. Holmes, *Nature* **1990**, 347, 539–541.
[4] a) C. Adachi, T. Tsutsui, S. Saito, *Appl. Phys. Lett.* **1989**, 55, 1489–1491; b) C. Hosokawa, N. Kawasaki, S. Sakamoto, T. Kusumoto, *Appl. Phys. Lett.* **1992**, 61, 2503–2505; c) A. Wu, M. Jikei, M. Kakimoto, Y. Imai, S. Ukishima, Y. Takahashi, *Chem. Lett.* **1994**, 2319–2322; d) J. Pommerhne, H. Vestweber, W. Guss, R. F. Mahrt, H. Bässler, M. Porsch, J. Daub, *Adv. Mater.* **1995**, 7, 551–554; e) C. Schmitz, M. Thelakkat, H.-W. Schmidt, *Adv. Mater.* **1999**, 11, 821–826.
[5] a) J. Kido, M. Kimura, K. Nagai, *Science* **1995**, 267, 1332–1334; b) P. Jolinat, R. Clergeraux, J. Farenc, P. Destruel, *J. Phys. D* **1998**, 31, 1257–1262.
[6] H. Shirai, N. Amano, Y. Hashimoto, E. Fukui, Y. Ishii, M. Ogawa, *J. Org. Chem.* **1991**, 56, 2253–2256.
[7] a) L. Friedman, D. L. Fishel, H. Shechter, *J. Org. Chem.* **1965**, 30, 1453; b) L. Friedman, *Org. Synth.* **1963**, 43, 80–82.
[8] H. Vollmann, H. Becker, M. Corell, H. Streeck, *Justus Liebigs Ann. Chem.* **1937**, 531, 1–159.
[9] S. Benning, H.-S. Kitzerow, H. Bock, M.-F. Achard, *Liq. Cryst.* **2000**, 27, 901–906.

Kohlenstoffnanofilamente in der heterogenen Katalyse: eine technische Anwendung für neue Kohlenstoffmaterialien?*

Gerhard Mestl, Nadezhda I. Maksimova, Nicolas Keller, Vladimir V. Roddatis und Robert Schlögl*

Die direkte Dehydrierung von Ethylbenzol zu Styrol ist einer der zehn bedeutendsten industriellen Prozesse. Dabei wird ein Kalium-promotierter Eisenkatalysator zwischen 870 und 930 K eingesetzt.^[1] Dieser Prozess ist jedoch thermodynamisch limitiert und durch den benötigten Überschuss an Dampf sehr energieintensiv.^[2, 3] Eine viel versprechende Alternative zur einfachen Dehydrierung wäre die oxidative Dehydrierung (ODH) von Ethylbenzol; dabei wird der entstehende Wasserstoff direkt oxidiert, wodurch der Gesamtprozess exotherm würde.

Mechanistische Studien zur Dehydrierung von Ethylbenzol auf einkristallinen Modelloberflächen lieferten grundlegende Informationen über die Rolle der aktiven K-Fe-Phase.^[4–7] Offensichtlich ist diese Oberfläche optimal geeignet, um graphitische Kohlenstoffablagerungen zu erzeugen. Es besteht deshalb die Möglichkeit, dass diese Ablagerungen die eigentlich katalytisch aktive Phase sind.

Übergangsmetalloxide^[8] und -phosphate^[9, 10] sowie Polymere^[11] wurden als aktive und selektive Katalysatoren für die

[*] Prof. Dr. R. Schlögl, Dr. G. Mestl, N. I. Maksimova, Dr. N. Keller, Dr. V. V. Roddatis
Abteilung Anorganische Chemie
Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft
Faradayweg 4–6, 14195 Berlin (Deutschland)
Fax: (+49) 30-8413-4401
E-mail: Schloegl@fhi-berlin.mpg.de

[**] Für die großzügige Bereitstellung der Graphite danken wir der Timcal AG (Schweiz).

ODH von Ethylbenzol beschrieben. Die nachgewiesenen Kohlenstoffablagerungen^[12] deuten ebenfalls auf eine aktive Rolle des Kohlenstoffs in dieser Reaktion hin. Entsprechend wurde auch katalytische Aktivität von Aktivkohlen für die ODH nachgewiesen,^[13, 14] ihre kommerzielle Verwendung jedoch ist wegen der geringen Oxidationsresistenz nicht möglich.^[15] Graphit ist dagegen in der oxidativen Dehydrierung von Methanol aktiv.^[16] Somit sind graphitische Kohlenstoffmaterialien, z.B. Nanofilamente mit hoher Oberfläche, aussichtsreiche Kandidaten für Dehydrierungskatalysatoren in Gegenwart von Sauerstoff.

Wir haben nun die katalytischen Eigenschaften von Ruß, Graphit und Nanofilamenten für die ODH von Ethylbenzol zu Styrol getestet. Abbildung 1 zeigt die sich verändernden

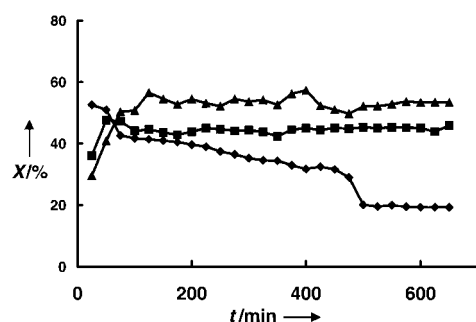


Abbildung 1. Styrolausbeuten X an Ruß (◆), Graphit (■) und Nanofilamenten (▲) als Funktion der Dauer der oxidativen Dehydrierung von Ethylbenzol bei 820 K.

katalytischen Eigenschaften der untersuchten Kohlenstoffmaterialien mit der Katalysatorstandzeit t . Deutlich zeigt sich die erhöhte Aktivität der Nanofilamente im Vergleich zu der von Ruß und Graphit. Während die katalytische Aktivität des Rußes durch Abbrand in der Induktionsperiode abfällt, nehmen die von Graphit und die der Nanofilamente zu. Dieses Verhalten korreliert mit den Oxidationsstabilitäten. Nanofilamente weisen im Vergleich zu Graphit höhere Aktivitäten, Selektivitäten und Ausbeuten auf. Die katalytischen Eigenschaften der drei untersuchten Kohlenstoffmaterialien nach sieben Stunden Betrieb sind in Tabelle 1 gegenübergestellt. Auch hier zeigt sich die Überlegenheit der Nanofilamente im Vergleich zu Graphit. Obwohl die spezifische Aktivität der Nanofilamente etwas geringer ist, weisen sie eine ähnliche Selektivität und somit eine um 37% höhere spezifische Ausbeute an Styrol auf. Ruß liefert nach sieben Stunden Betrieb noch immer sehr gute Werte, verbrennt aber nach längerer Reaktionszeit unter den Reaktionsbedingungen vollständig.

Tabelle 1. Vergleich der spezifischen Aktivitäten, Selektivitäten und Ausbeuten an Styrol und der spezifischen Oberflächen von Lampenruß, Graphit und Nanofilamenten nach 7 h Reaktion.

Katalysator	Lampenruß ^[a]	Graphit	Filamente
spez. Aktivität [$10^{-7} \text{ mol m}^{-2}$]	(14.40)	3.66	3.03
Selektivität [%]	(65)	80	85
spez. Ausbeute [$10^{-7} \text{ mol m}^{-2}$]	(9.32)	2.93	4.67
spez. Oberfläche [$\text{m}^2 \text{ g}^{-1}$]	(19)	69	47

[a] Lampenruß verbrennt quantitativ unter den Reaktionsbedingungen.

Abbildung 2 zeigt zwei hochaufgelöste transmissionselektronische Aufnahmen von Nanofilamentwänden vor und nach der Reaktion. Die frischen Nanofilamente (Abbildung 2a) werden durch zwei verschiedene Schichten aufgebaut. Die

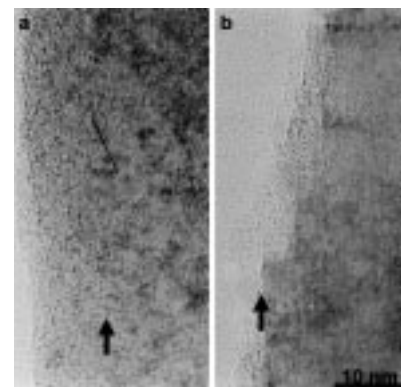


Abbildung 2. Hochauflösende TEM-Bilder der Kohlenstoffnanofilamentwände vor (a) und nach (b) der oxidativen Dehydrierung von Ethylbenzol. Der Pfeil markiert die Grenzschicht zwischen den konischen Graphitschichten und der äußeren Hülle.

innere Schicht wird durch konische Graphitschichten gebildet, die einen Winkel von 26° mit der Filamentachse einschließen. Der Zwischenschichtabstand von 0.348 nm ähnelt dem von Graphit. Die äußere Nanofilamenthülle wird durch fehlgeordnete Kohlenstoffschichten gebildet, die parallel zur Filamentachse orientiert sind. Der mittlere Schichtabstand beträgt ca. 0.388 nm. Nach der katalytischen Reaktion weisen die Nanofilamente eine andere Wandstruktur auf (Abbildung 2b): Die äußere Hülle aus fehlgeordneten Kohlenstoffschichten ist abgebrannt, und die Oberfläche der konischen Graphitschichten wird durch eine dünne Schicht polymerer Ablagerungen bedeckt. Speziell an den Stufenkanten zwischen den konischen Schichten kann diese Kohlenstoffablagerung deutlich gesehen werden. Zusätzlich scheinen die Enden der konischen Schichten partiell oxidiert zu sein. Diese partiell oxidierten Prismenflächen spielen vermutlich eine wichtige Rolle in der katalytischen Reaktion.

Die Reinheit und die Zusammensetzung der untersuchten Proben wurden vor den Katalysatortests mit Hilfe von Röntgen-Photoelektronenspektroskopie (XPS) und energiedispersive Röntgenspektroskopie (EDX) untersucht. Das Verhältnis von graphitischem zu aliphatischem Kohlenstoff wurde für Ruß zu 0.13:1, für Graphit zu 0.19:1 und für die Nanofilamente zu 0.15:1 bestimmt. Im Rahmen der Messgenauigkeit sind keine Unterschiede zwischen den Proben festzustellen. Der Sauerstoffanteil in allen Proben wurde mit EDX zu 10–20 Gew.-% bestimmt. Die Sauerstoffkonzentrationen sind also im Rahmen der Messgenauigkeit ähnlich. Die in den Nanofilamenten verbliebenen Fe-Katalysatorpartikel waren stets vollständig durch Kohlenstoff bedeckt, sodass sie keine aktive Rolle in der Katalyse spielen können. Andere Verunreinigungen wurden nicht nachgewiesen.

Abbildung 3 zeigt das O(1s)-XP-Spektrum des Nanofilamentkatalysators nach der ODH. Ein sehr schwaches Signal kann neben anderen^[17] bei 530.2 eV nachgewiesen werden, das auf stark basische Oberflächensauerstoffgruppen,^[17] z.B.

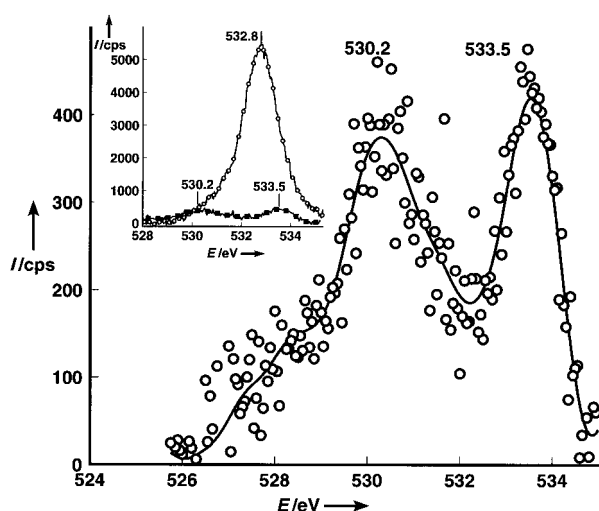
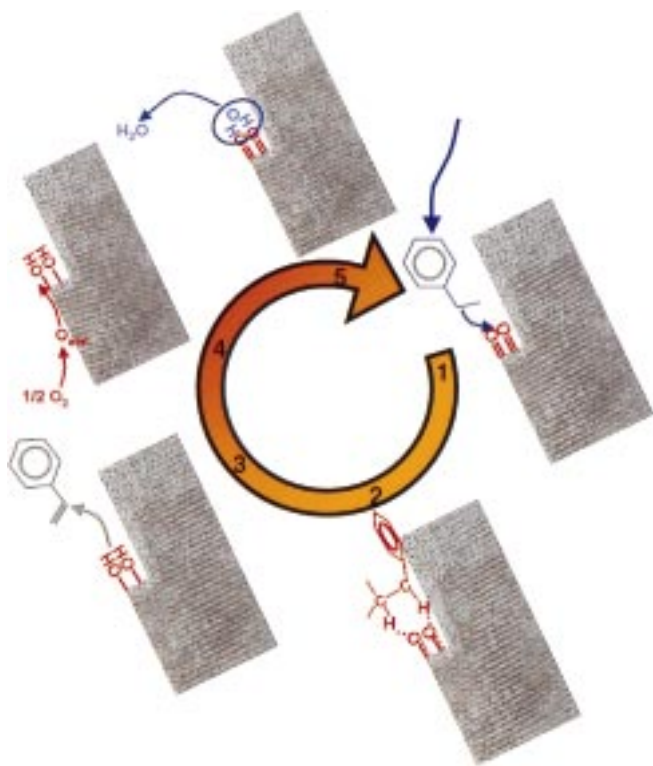


Abbildung 3. O(1s)-XP-Spektrum der Kohlenstoffnanofilamente nach oxidativer Dehydrierung von Ethylbenzol (E = Bindungsenergie, cps = counts per second). Im Einschub sind die Spektren vor (\circ) und nach (\blacksquare) der katalytischen Reaktion gezeigt.

chinoide Gruppen,^[18] hinweist. Ein weiteres schwaches Signal bei 533.6 eV wird adsorbiertem Wasser zugeordnet.^[19] Der Nachweis stark basischer Gruppen nach der katalytischen Reaktion lässt auf deren wichtige dehydrierende Funktion während des katalytischen Prozesses schließen.

Ein möglicher Mechanismus der oxidativen Dehydrierung von Ethylbenzol an Nanofilamenten ist in Schema 1 gezeigt. Benachbarte, stark basische (chinonartige) Sauerstoffzentren



Schema 1. Mechanismus der katalytischen oxidativen Dehydrierung an Kohlenstoffnanofilamenten: 1) Adsorption von Ethylbenzol, 2) Dehydrierung an basischen Zentren, 3) Desorption von Styrol, 4) Adsorption von Sauerstoff und Reaktion mit OH-Gruppen, 5) Desorption von Wasser.

dehydrieren Ethylbenzol zu Styrol unter Bildung von Oberflächen-OH-Gruppen.^[3, 9, 20] Gasphasensauerstoff wird auf den Basalflächen der Graphenschichten dissoziiert^[16] und diffundiert zu den Hydroxygruppen, die dann unter Rückbildung der chinoiden Gruppen und Abspaltung von Wasser reagieren.

Somit erscheint die katalytische oxidative Dehydrierung über Kohlenstoffkatalysatoren in guten Ausbeuten möglich. Kohlenstoffnanofilamente zeichnen sich hierbei besonders durch ihre hohe Oxidationsstabilität aus. Ihre kürzlich beschriebene, preiswerte Synthese durch katalytische Zersetzung^[21] lässt eine erste technische Anwendung von Kohlenstoffnanofilamenten im Bereich des Möglichen erscheinen. Die rationale Experimentplanung auf der Grundlage einer funktionalen Analyse technischer Katalysatoren durch oberflächenphysikalische Methoden führte in kürzester Zeit gezielt zu einem hochtemperaturstabilen, aktiven und selektiven Katalysator für die oxidative Dehydrierung von Ethylbenzol.

Experimentelles

Ruß (Lampenruß 101, Degussa), Graphit (HSAG, Timcal) und kommerzielle Kohlenstoffnanofilamente (Applied Science) wurden als Katalysatoren für die oxidative Dehydrierung von Ethylbenzol zu Styrol eingesetzt. Die Reaktion wurde in einem Quarzrohrreaktor mit 4 mm Innendurchmesser und 200 mm Länge durchgeführt. Der Katalysator (0.02 g) wurde durch Quarzwoolstopfen in der isothermen Ofenzone gehalten. He und O_2 wurden mittels Massenflussregler dosiert. Ethylbenzol (EB) wurde so bei 35°C (2.16 kPa) im He-Fluss verdampft und zum O_2 -Fluss gemischt, dass unterschiedliche EB: O_2 -Verhältnisse erhalten wurden (0:1, 1:1, 2:1). Die Reaktion wurde bei 820 K und einem Gesamtfluss von 10 mL min⁻¹ durchgeführt (LHSV: 0.5 h⁻¹). Die Reaktionsprodukte wurden online gaschromatographisch analysiert (die Kohlenwasserstoffe mit einer gepackten 5%-SP-1200/1.75%-Bentone-34-Säule und einem Flammenionisationsdetektor (FID), die Permanentgase mit einer Carboxen-1010-PLOT-Säule und einem Wärmeleitfähigkeitsdetektor (WLD)).

Der Ethylbenzolumsatz (X_{EB}), die Styrolausbeute (Y_{ST}) und die Selektivität zu Styrol (S_{ST}) wurden nach den in der Reaktionstechnik üblichen Gleichungen (1)–(3) berechnet.

$$X_{EB} = \frac{n_{EB,in} - n_{EB,ex}}{n_{EB,in}} \quad (1)$$

$$S_{ST} = \frac{n_{ST}}{n_{EB,in} - n_{EB,ex}} \quad (2)$$

$$Y_{ST} = \frac{n_{ST}}{n_{EB,in}} \quad (3)$$

Zur Berechnung der spezifischen Aktivität wurde X_{EB} durch die Masse des Katalysators und dessen spezifische Oberfläche dividiert. Analog wurde die spezifische Styrolausbeute erhalten, indem Y_{ST} durch die Masse des Katalysators und dessen spezifische Oberfläche dividiert wurde.

Die transmissionselektronenmikroskopischen Aufnahmen wurden mit einem Phillips-CM200-FEG-Gerät bei einer Beschleunigungsspannung von 200 kV gemacht. Die Photoelektronenspektren wurden mit einem modifizierten Leybold-Heraeus-Spektrometer (LHS12 MCD) mit $Mg_{K\alpha}$ -Strahlung (1253.6 eV) und einer Leistung von 240 W aufgenommen. Die Bandpassenergie betrug 50 eV. Röntgensatelliten und Shirley-Untergrund wurden von den Spektren abgezogen. Die Brunauer-Emmett-Teller (BET)-Oberfläche der Katalysatoren wurde durch N_2 -Adsorption bei 77 K bestimmt.

Eingegangen am 27. Dezember 2000 [Z 16326]

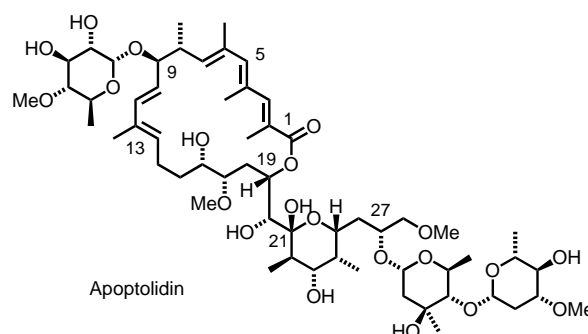
- [1] D. H. James, W. M. Castor in *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, Vol. 25 (Hrsg.: B. Elvers, S. Hawkins, M. Ravenscroft, G. Schulz), 5. Aufl., VCH, Weinheim, **1994**, S. 329–344.
- [2] J. Matsui, *Appl. Catal.* **1989**, 51, 203.
- [3] F. Cavani, F. Trifiro, *Appl. Catal. A* **1995**, 133, 219.
- [4] M. Muhler, R. Schlögl, G. Ertl, *J. Catal.* **1992**, 138, 413.
- [5] W. Weiss, D. Zscherpel, R. Schlögl, *Catal. Lett.* **1998**, 52, 215.
- [6] Sh. K. Shaikhutdinov, Y. Joseph, C. Kuhrs, W. Ranke, W. Weiss, *Faraday Discuss. Chem. Soc.* **1999**, 114, 363.
- [7] C. Kuhrs, Y. Arita, W. Weiss, W. Ranke, R. Schlögl, unveröffentlichte Ergebnisse.
- [8] Z. Dzwiecki, A. Makowski, *React. Kinet. Catal. Lett.* **1980**, 13, 51.
- [9] G. Emig, H. Hofmann, *J. Catal.* **1983**, 84, 15.
- [10] G. E. Vrieland, P. G. Menon, *Appl. Catal.* **1991**, 77, 1.
- [11] G. C. Grunewald, R. S. Drago, *J. Mol. Catal.* **1990**, 58, 227.
- [12] W. Ogranowski, J. Hanuza, L. Kepinski, *Appl. Catal. A* **1998**, 171, 145.
- [13] T. G. Alkhazov, *Kinet. Katal.* **1972**, 13, 509.
- [14] M. F. R. Pereira, J. J. M. Orfao, J. L. Figueiredo, *Appl. Catal. A* **1999**, 184, 153.
- [15] M. F. R. Pereira, J. J. M. Orfao, J. L. Figueiredo, *Appl. Catal. A* **2000**, 196, 43.
- [16] R. Schlögl in *Handbook of Heterogeneous Catalysis*, Vol. 1 (Hrsg.: G. Ertl, H. Knözinger, J. Weitkamp), Wiley-VCH, Weinheim, **1997**, S. 138–191.
- [17] H. Ago, T. Kugler, F. Cacialli, W. R. Salaneck, M. S. P. Shaffer, A. H. Windle, R. H. Friend, *J. Phys. Chem. B* **1999**, 103, 8116.
- [18] M. Voll, H. P. Boehm, *Carbon* **1971**, 9, 481.
- [19] Beim Transport der Probe zur XPS-Analyse wird Wasser von den hydrophilen Gruppen absorbiert.
- [20] G. E. Vrieland, *J. Catal.* **1988**, 111, 14.
- [21] O. P. Krivoruchko, N. I. Maksimova, V. I. Zaikovskii, A. N. Salanov, *Carbon* **2000**, 38, 1075.

Synthese von Apoptolidin**

Julia Schuppan, Hermut Wehlan, Sonja Keiper und Ulrich Koert*

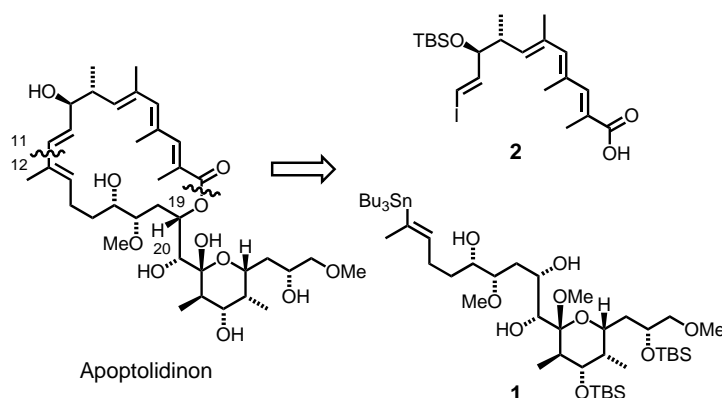
Der programmierte Zelltod (Apoptose) ist ein elementarer biologischer Prozess, der unter anderem die Morphogenese und Homöostase in lebenden Organismen reguliert.^[1] Die Beeinflussung der Apoptose zählt zu den viel versprechenden Ansätzen in der Tumorthherapie.^[2] 1997 wurde von Hayakawa et al. ein Naturstoff aus *Nocardiopsis* sp. isoliert, der nach seinen Apoptose-induzierenden Eigenschaften Apoptolidin genannt wurde. Apoptolidin löst in mit dem E1A-Oncogen transformierten Gliazellen von Ratten Apoptose aus ($IC_{50} = 11 \text{ ng mL}^{-1}$), während nicht transformierte Zellen intakt

bleiben.^[3] Im Rahmen der Untersuchung der biologischen Wirkung identifizierten Khosla et al. die mitochondriale F_1F_0 -ATPase als einen wahrscheinlichen Wirkort.^[4] Apoptolidin ist ein 20-gliedriges Makrolid mit einer Seitenkette an C(19), die ein 6-gliedriges cyclisches Halbketal enthält. An C(27)



befindet sich eine Disaccharideinheit aus D-Oleandrose und L-Olivomycose. Ein weiterer Zuckerbaustein, 6-Deoxy-4-O-methyl-L-glucose, ist an C(9) glycosidisch gebunden. Wir berichten hier über die Synthese von Apoptolidinon, dem Aglycon von Apoptolidin.^[5]

Unsere Retrosynthese von Apoptolidinon basiert auf einer Makrolactonisierung und einem Schnitt zwischen C(11) und C(12) (Cu^I -Kupplung; Schema 1). Dies führt zur Südhälfte **1** und zur Nordhälfte **2**. Modellbetrachtungen ließen eine ringgröÙenselektive Makrolactonisierung erwarten,^[6] und so war eine Differenzierung zwischen den beiden Hydroxygruppen an C(19) und C(20) über Schutzgruppen nicht vorgehen.



Schema 1. Retrosynthetische Analyse von Apoptolidinon. TBS = *tert*-Butyldimethylsilyl.

Die Synthese der Südhälfte begann mit einer Epoxidöffnung des Benzylethers **3**^[7] von (*R*)-Glycidol (Schema 2). Anschließende O-Methylierung und Abspaltung der Trimethylsilyl(TMS)-Gruppe ergaben das Alkin **4**, welches durch eine Hydrozirconierung mit anschließender Iodolyse^[8] in das (*E*)-Alkenyliodid **5** überführt wurde (77% Ausbeute ausgehend von **3**). Aus **5** erhielt man durch Iod-Lithium-Austausch die entsprechende Alkenyllithiumverbindung, die mit dem Weinreb-Amid **6**^[5a] zum Keton **7** reagierte. Die Protode-

[*] Prof. Dr. U. Koert, Dipl.-Chem. J. Schuppan, Dipl.-Chem. H. Wehlan, Dipl.-Chem. S. Keiper
Institut für Chemie der Humboldt-Universität zu Berlin
Hessische Straße 1–2, 10115 Berlin (Deutschland)
Fax: (+30)2093-7266
E-mail: koert@chemie.hu-berlin.de

[**] Diese Arbeit wurde vom Fonds der Chemischen Industrie, von der Schering AG und von der Schering Forschungsgesellschaft gefördert. Wir danken Prof. Dr. Ulrich Eder (Schering AG, Berlin) für anregende und hilfreiche Diskussionen.

Hintergrundinformationen zu diesem Beitrag sind im WWW unter <http://www.angewandte.de> zu finden oder können beim Autor angefordert werden.