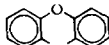
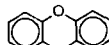
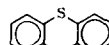


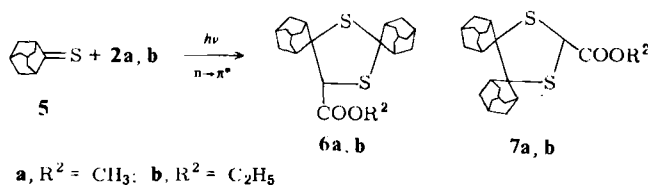


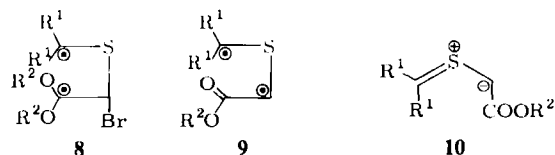
Tabelle 1. Einige Daten der Acrylsäureester 3 [a].

R ¹ —	R ²	Ausb. [%]	Fp [°C]	IR [cm ⁻¹] ν(C=O)	¹ H-NMR (δ-Werte, in CDCl ₃)
1/2 	CH ₃	91	85–86 (85–85.5 [5])	1703 [b]	8.08 (br. d, 1 H, J=8.0 Hz), 7.70 (br. d, 1 H, J=8.0 Hz), 7.58–7.00 (m, 6 H arom. H), 6.19 (s, 1 H, =CH), 3.76 (s, 3 H, OCH ₃)
1/2 	C ₂ H ₅	82	54.5–55.5 (54–54.5 [6])	1718 [b]	8.09 (br. d, 1 H, J=8.0 Hz), 7.71 (br. d, 1 H, J=8.0 Hz), 7.58–7.00 (m, 6 H arom. H), 6.18 (s, 1 H, =CH), 4.23 (q, 2 H, J=7.2 Hz, OCH ₂), 1.30 (t, 3 H, CH ₃)
1/2 	C ₂ H ₅	87	44–45.5	1718 [b]	7.75–7.05 (m, 8 H, arom. H); 6.12 (s, 1 H, =CH), 4.13 (q, 2 H, J=7.2 Hz, OCH ₂), 1.80 (t, 3 H, CH ₃)
H ₃ CO— 	C ₂ H ₅	33	Öl	1718 [c]	7.26 (d, 2 H), 7.15 (d, 2 H), 6.90 (d, 2 H), 6.80 (d, 2 H, J=8.3 Hz, arom. H), 6.22 (s, 1 H, =CH), 4.05 (q, 2 H, J=7.2 Hz, OCH ₂), 3.82 (s, 3 H, OCH ₃), 3.79 (s, 3 H, OCH ₃), 1.14 (t, 3 H, CH ₃)
H ₃ CO— 	CH ₃	23	Öl	1721 [c]	7.24 (d, 2 H), 7.16 (d, 2 H), 6.90 (d, 2 H), 6.83 (d, 2 H, J=8.8 Hz, arom. H), 6.22 (s, 1 H, =CH), 3.83 (s, 3 H, OCH ₃), 3.79 (s, 3 H, OCH ₃), 3.61 (s, 3 H, OCH ₃)

[a] Alle Verbindungen ergaben korrekte Elementaranalysen. [b] KBr-Preßling. [c] Kapillar-Film.



Für die Reaktion von n,π*-angeregten Thionen **1** und **5** mit Bromketenacetalen **2** formulieren wir als ersten Schritt die Bildung des Diradikals **8**^[1]. Durch heterolytische Dissoziation^[9] der C–Br-Bindung und Entalkylierung entsteht das 1,3-Diradikal **9**, eine Grenzstruktur des Thiocarbonylylids **10**^[10].



Bei den aromatischen Thionen **1** ist die Hauptreaktion des Thiocarbonylylids **10** die Cyclisierung und Schwefelextrusion zu den ungesättigten Estern **3**^[11]. Daneben reagiert **10** mit **2** unter Bildung des Tetrahydrothiophens **4**. Bei der Umsetzung des cycloaliphatischen Thions **5** mit **2** dominiert die 1,3-dipolare Cycloaddition. Das Ylid **10** wird von **5** zum 1,3-Dithiolan **6** abgefangen. Eine wesentliche Stütze für den formulierten Mechanismus sehen wir in der unabhängigen Synthese von **6** aus **5** und Diazoessigester. Für diese Reaktion ist die intermediäre Bildung eines Thiocarbonylylids gesichert^[11].

Arbeitsvorschrift

3: Eine Lösung von 0.01 mol **1** und 0.05 mol **2** in 100 mL Benzol wird 4 bis 6 h bei Raumtemperatur unter N₂ bestrahlt. Als Strahlungsquelle verwendet man den Quecksilberhochdruckbrenner Philips HPK 125 W in einem wassergekühlten Schacht aus FW 161-Glas, durchlässig für Licht der Wellenlänge λ > 500 nm, Glashütte Wertheim. Nach vollständiger Entfärbung wird eingengt; die Acrylsäureester **3** werden durch Säulenchromatographie (Merck Kieselgel 60 F254, Laufmittel Petrolether/Ethylacetat 15:1) isoliert.

6: Bei den Umsetzungen mit **5** belichtet man 0.01 mol **5** und 0.20 mol **2** in 100 mL Pentan 14 h durch ein GWV-Glasfilter, durchlässig für Licht der Wellenlänge λ > 400 nm, Glashütte Wertheim. Nach Einengen erhält man die 1,3-Dithiolane **6** durch Umkristallisieren aus Ether.

Eingegangen am 3. Juni,
veränderte Fassung am 19. August 1985 [Z 1330]

[1] P. H. J. Ooms, W. Hartmann, noch unveröffentlicht.

[2] J. W. Scheeren, P. H. J. Ooms, R. J. F. Nivard, *Synthesis* 1973, 149; J. W. Greidanus, *Can. J. Chem.* 48 (1970) 3530.[3] S. M. McElvain, M. J. Curry, *J. Am. Chem. Soc.* 70 (1948) 3781; F. Bey-erstedt, S. M. McElvain, *ibid.* 59 (1937) 2266.[4] **4**, R² = CH₃, Isomer A: Ausbeute 5%; instabiles Öl; ¹H-NMR (CDCl₃): δ = 8.52 (br. d, 1 H), 8.04 (br. d, 1 H), 7.50–6.93 (m, 6 H, arom. H), 4.67 (s, 1 H, CHS), 4.42 (s, 1 H, CHBr), 3.89 (s, 3 H, OCH₃), 3.43 (s, 3 H, OCH₃), 3.31 (s, 3 H, OCH₃); IR (Kapillar-Film [cm⁻¹]): ν = 1748 (C=O), 760 (C–Br); MS (70 eV): m/z 420/418 (M⁺ – CH₃OH, 6%), 387/385 (3%), 339 (100%). – **4**, R² = CH₃, Isomer B: Ausbeute 5%; Fp = 182–183.5°C; ¹H-NMR (CDCl₃): δ = 8.46 (br. d, 1 H), 8.07 (br. d, 1 H), 7.50–6.90 (m, 6 H, arom. H), 4.95 (s, 1 H, CHS), 4.49 (s, 1 H, CHBr), 3.85 (s, 3 H, OCH₃), 3.42 (s, 3 H, OCH₃), 3.38 (s, 3 H, OCH₃); IR (KBr [cm⁻¹]): ν = 1738 (C=O), 743 (C–Br); MS (70 eV): m/z 452/450 (M⁺, 4%), 421/419 (M⁺ – CH₃O, 2%), 339 (15%), 267 (100%).[5] H. Gotthardt, *Chem. Ber.* 107 (1974) 1856.[6] H. J. T. Bos, H. T. van der Bend, J. S. M. Boley, C. J. A. Everaars, H. Polman, *Recl. Trav. Chim. Pays-Bas* 91 (1972) 65.[7] (2-Adamantyl)essigsäure-ethylester: Ausbeute 92%; Kp = 150°C/0.045 Torr (Kugelfrohrdestillation); n_D²⁰ = 1.4930; ¹H-NMR (CDCl₃): δ = 4.14 (q, 2 H, J = 7.2 Hz, OCH₂), 2.60–1.40 (m, 15 H, Adamantan-H), 1.26 (t, 3 H, J = 7.2 Hz, CH₃); IR (Kapillar-Film): ν(C=O) = 1736 cm⁻¹.[8] **6a**, Ausbeute 65%; Fp = 147.5–148.5°C; IR (KBr): ν(C=O) = 1736 cm⁻¹; ¹H-NMR (CDCl₃): δ = 4.45 (s, 1 H), 3.70 (s, 3 H, OCH₃), 2.93–1.43 (m, 28 H, Adamantan-H); MS (70 eV): m/z 404 (M⁺, 5%), 345 (M⁺ – COOCH₃, 2%), 238 (M⁺ – ad=S, 8%), 198 (M⁺ – ad=CHCOOCH₃, 100%). – **6b**, Ausbeute 60%; Fp = 151–153°C; IR (KBr): ν(C=O) = 1736 cm⁻¹; ¹H-NMR (CDCl₃): δ = 4.42 (s, 1 H), 4.19/4.16 (dq, 2 H, J = 7.0 Hz, OCH₂), 2.95–1.40 (m, 28 H, Adamantan-H), 1.26 (t, 3 H, J = 7.0 Hz, CH₃); MS (70 eV): m/z 418 (M⁺, 6%), 345 (M⁺ – COOCH₃, 2%), 252 (M⁺ – ad=S, 8%), 198 (M⁺ – ad=CHCOOCH₃, 100%). – Ad = 2,2-Adamantyliden.[9] G. Behrens, E. Bothe, G. Koltzenburg, D. Schulte-Frohlinde, *J. Chem. Soc. Perkin Trans. 2* 1980, 883.[10] R. M. Kellogg, *Tetrahedron* 32 (1976) 2165.[11] R. Huisgen, G. Mloston, *Tetrahedron Lett.* 26 (1985) 1049; I. Kalwisch, R. Huisgen, *ibid.* 22 (1981) 3941.

Synthese von doppelt penta- oder hexamethylenverbrückten Porphyrin-*p*-Benzochinon-Verbindungen**

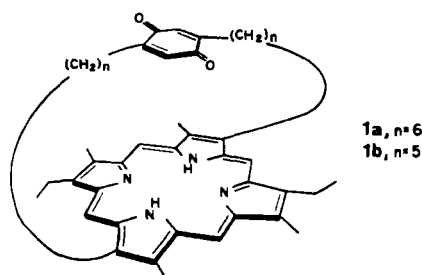
Von Brian Morgan und David Dolphin*

Ein Schlüsselschritt der bakteriellen und pflanzlichen Photosynthese ist der Elektronentransfer von einem angeregten (Bakterio)Chlorophyll über eine Reihe von Verbindungen ((Bakterio)Phäophytin, Fe-S-Cluster) zu einem Chinon (Ubichinon, Plastochinon)^[1]. Um die lichtinduzierte Ladungstrennung zu simulieren, wurden Modellver-

[*] Prof. Dr. D. Dolphin, B. Morgan
Department of Chemistry, University of British Columbia
Vancouver, B.C., V6T 1Y6 (Kanada)

[**] Diese Arbeit wurde von den National Institutes of Health (USA) und vom National Sciences and Engineering Research Council (Kanada) unterstützt.

bindungen synthetisiert, in denen ein Chinon kovalent an die Peripherie eines Porphyrins gebunden ist^[2]. Die Aussagekraft von Modellstudien hängt davon ab, ob man die relative Orientierung und den Abstand der beiden Reaktionszentren kennt. Bei Verbindungen, in denen Porphyrin- und Chinoneinheit nur durch eine flexible Kette verbunden sind, kann die Untersuchung des intramolekularen Ladungstransfers durch intermolekulare Reaktionen verfälscht werden.

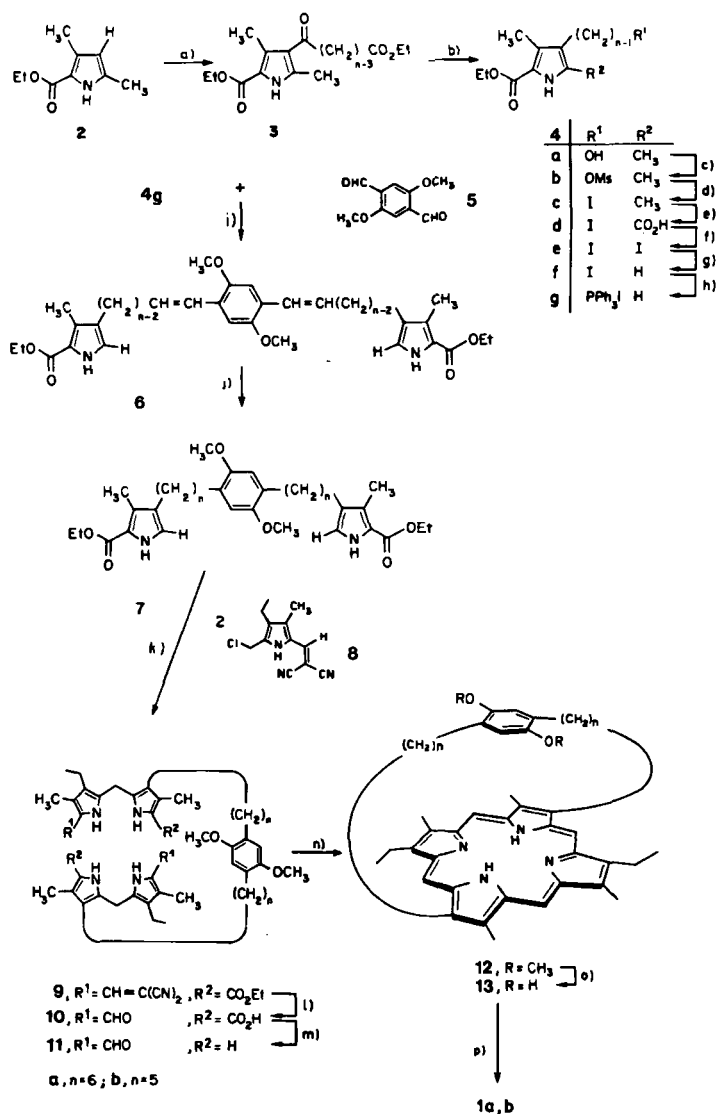


Wir berichten hier über einen allgemeinen Zugang zu Porphyrin-*p*-Benzochinon-Systemen wie **1a,b**, in denen der Chinonring durch zwei Oligomethylenketten über einer Seite des Porphyrinrings fixiert ist. Kürzlich wurde von Staab et al. ein mit **1** verwandtes Porphyrin dargestellt, das sandwichartig von zwei *p*-Benzochinon-Einheiten eingeschlossen wird^[3]. Die Synthese von **1** verläuft selbst bei kurzen Brücken mit guten Ausbeuten, da der Porphyrinring erst in einem der letzten Schritte geschlossen wird (Schema 1). Die von uns hergestellten Beispiele **1a** und **1b** enthalten zwei Hexa- bzw. Pentamethylenbrücken, und es ist anzunehmen, daß auf diesem Weg die vollständige Serie von **1** mit $n \geq 4$ erhalten werden kann.

Schlüsselschritt der Synthese ist die doppelte Wittig-Reaktion des Pyrrolphosphoniumsalzes **4g** mit dem Dialdehyd **5**^[4]; beide Verbindungen lassen sich einfach aus dem Pyrrol **2** bzw. aus 1,4-Dimethoxybenzol herstellen. Phasentransferreaktion^[5] von **4g** mit **5** in siedendem Dioxan in Gegenwart von Kaliumcarbonat ergibt das Diolefin **6**, das zum oligomethylenverbrückten **7** reduziert wird^[6]. **7** liefert mit zwei Äquivalenten des α -Chlormethylpyrrols **8** das hochsubstituierte Bis(dipyrromethan) **9**. Durch basische Hydrolyse und thermische Decarboxylierung entsteht das instabile, in α -Position unsubstituierte und in α' -Position formylierte Bis(dipyrromethan) **11**, das unter Verdünnungsbedingungen säurekatalysiert cyclisiert; das überdachte Porphyrin **12** läßt sich dann chromatographisch isolieren (Ausbeute an **12a**: 20–60%, **12b**: 40%). **12a,b** wurden aus CH_2Cl_2 /Hexan umkristallisiert (Fp = 271–274 bzw. 264–267°C) und durch Elementaranalyse, hochauflösende Massenspektrometrie (m/z 724.4695 bzw. 696.4365 (M^+)) sowie ^1H - und ^{13}C -NMR-Spektroskopie charakterisiert.

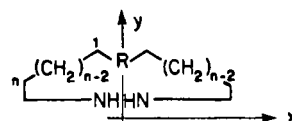
Durch Umsetzung mit Bortribromid im Überschuß in CH_2Cl_2 /Hexan bei -78°C und anschließendes Erwärmen auf Raumtemperatur gelingt die Etherspaltung bei **12**. Das rohe Hydrochinon **13** wird schließlich mit Bleidioxid in CH_2Cl_2 zu **1** oxidiert (Ausbeute nach Chromatographie an neutralem Al_2O_3 : 82% (**1a**) und 96% (**1b**)). **1a,b** wurden durch Elementaranalysen und massenspektroskopisch (m/z 694.4249 bzw. 666.3984 (M^+)) sowie NMR-spektroskopisch charakterisiert.

Nach den ^1H -NMR-Spektren von **12** und **1** ist der Dimethoxybenzol- bzw. der Chinonring über dem Porphyrin gerüst fixiert (Tabelle 1). Alle Protonen der beiden Oligomethylenketten werden vom Ringstrom des Porphyrins be-



Schema 1. Synthese der überdachten Porphyrine **1a** und **1b**. In Klammern sind die jeweiligen Ausbeuten [%] angegeben. a) SnCl_4 , CH_2Cl_2 , 0°C , $\text{ClOC}(\text{CH}_2)_{n-3}\text{CO}_2\text{Et}$ ($n=6$ bzw. 5) (84, 73); b) $\text{BF}_3 \cdot \text{Et}_2\text{O}$, NaBH_4 , Tetrahydrofuran (85, 72); c) $\text{CH}_3\text{SO}_2\text{Cl}$, Et_3N , CH_2Cl_2 , 0°C (92, 88); d) NaI , Aceton, Rückfluß (92, 88); e) SO_2Cl_2 , CH_2Cl_2 , Et_2O ; H_2O , Aceton, Rückfluß (83, 91); f) NaHCO_3 , KI , I_2 , $\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$, Rückfluß (84, 86); g) HI , EtOH (88, 43); h) PPh_3 , $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$, Rückfluß (97, 86); i) $\text{K}_2\text{CO}_3 \cdot 1.5 \text{H}_2\text{O}$, Dioxan, Rückfluß; j) 10% Pd/C , Cyclohexan, EtOH , Rückfluß (zwei Stufen: 83, 42); k) AcOH , 80°C (88, 90); l) KOH , PrOH , H_2O , Rückfluß; m) Dimethylformamid, Rückfluß; n) TosOH , hohe Verdünnung (drei Stufen: 49, 39); o) BBr_3 , $-78^\circ\text{C} \rightarrow$ Raumtemperatur; p) PbO_2 , CH_2Cl_2 (zwei Stufen: 60, 70).

einflußt, und da der Effekt entlang der x- und y-Achse abnimmt (Schema 2), hängen die chemischen Verschiebungen von der Länge und der Konformation der Brücken ab. So sind die Signale der Protonen, die in den Hohlraum des Moleküls gerichtet sind, stark hochfeldverschoben. Das „interne Verschiebungsreagens“ bewirkt, daß alle Signale so separiert sind, daß sie durch einfache Entkopplungsexperimente zugeordnet werden können.



Schema 2.

Tabelle 1. ¹H-NMR-Daten von **12** und **1** (δ-Werte, CDCl₃).

Gruppe	12a	12b	1a	1b
10,20-Methin-H	9.98	9.93	10.02	
5,15-Methin-H	10.00	9.97	10.03	s50x 10.05
CH ₂ CH ₃	4.12	4.17	4.12	4.08–4.25
	4.04	4.07		
Phenyl-3,6-H	3.91	3.80	—	—
	3.60	3.62	3.68	3.70
CH ₃	3.59	3.54	3.60	3.57
Chinon-3,6-H	—	—	2.76	2.94
CH ₂ CH ₃	1.87	1.88	1.89	1.93
Phenyl-OCH ₃	1.58	1.91	—	—
N-H	–3.99	–3.90	–4.00	–3.91
	0.70	0.53	0.27	0.65
Kette-1-CH ₂	0.21	0.96	–0.70	0.0
	–0.10	–1.13	0.05–0.15	–1.29
Kette-2-CH ₂	0.11	–0.31	—	–0.32
	0.82	0.88	0.95	1.14
Kette-3-CH ₂	—	1.07	1.11	1.25
	1.22	1.91	1.51	1.93
Kette-4-CH ₂	1.50	2.22	1.73	2.33
	2.32	3.93	2.51	3.97
Kette-5-CH ₂	—	4.25	—	4.30
	3.72	—	3.63–3.75	—
Kette-6-CH ₂	4.43	—	4.40	—

Die Chinonprotonen in **1a** sind stärker hochfeldverschoben (δ = 2.76) als die in **1b** (2.94); dies legt den Schluß nahe, daß eine längere, flexiblere Oligomethylenkette einen kürzeren Abstand zwischen Chinon- und Porphyrinring ermöglicht, was durch Kalottenmodelle bestätigt wurde. Ähnliche Verhältnisse wurden von Baldwin et al. bei „überdachten“ und „homo-überdachten“ Porphyrinen^[7] sowie von Sanders et al.^[2b] beobachtet. In den Dimethoxybenzol-Derivaten **12** kann für den Abstand zwischen Phenyl- und Porphyrinring keine eindeutige Aussage gemacht werden, da die chemischen Verschiebungen der Phenyl- und Methoxyprotonen unterschiedliche Interpretationen nahelegen. Werden die ¹H- und ¹³C-NMR-Spektren von **12a** in Trifluoressigsäure (10%)/CDCl₃ aufgenommen, so werden die Signale des Phenylrings und einiger Methylengruppen breiter oder verschwinden. Wahrscheinlich können die Brücken in der unprotonierten Form von **12a** durch freie Rotation mehrere Konformationen einnehmen; bei schneller Umwandlung der Konformationen ineinander ergibt sich ein scharfes Signal. Durch Protonierung wird die Rotation behindert, und die Signale des Phenylrings sowie teilweise die der Brücken werden verbrei-

tert. Da von **12b**, sowohl in unprotonierter als auch in protonierter Form, alle Resonanzen beobachtet werden, liegt erneut der Schluß nahe, daß die längeren und damit flexibleren Ketten in **12a** einen kürzeren Abstand zwischen Phenyl- und Porphyrinring ermöglichen.

Metallierungs- und Elektronentransferstudien an **1** und den Hydrochinonen **13** sind ebenso im Gange wie Synthesen von Porphyrinen mit sperrigen Substituenten oder koordinationsfähigen Gruppen in den Brücken.

Eingegangen am 22. April,
ergänzte Fassung am 13. August 1985 [Z 1271]

- [1] M. R. Wasielewski, J. R. Norris, L. L. Shipman, C.-P. Lin, W. A. Svec, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **78** (1981) 2957.
- [2] a) I. Tabushi, N. Koga, M. Yanagita, *Tetrahedron Lett.* **1979**, 257; J. Dalton, L. R. Milgrom, *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* **1979**, 609; J. L. Y. Kong, P. A. Loach, *J. Heterocycl. Chem.* **17** (1980) 737; T.-F. Ho, A. R. McIntosh, J. R. Bolton, *Nature (London)* **286** (1980) 254; K. N. Ganesh, J. K. M. Sanders, *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* **1980**, 1129; A. Harriman, R. J. Hosie, *J. Photochem.* **15** (1981) 163; T. L. Netzel, M. A. Bergkamp, C.-K. Chang, J. Dalton, *ibid.* **17** (1981) 451; S. Nishitani, N. Kurata, Y. Sakata, S. Misumi, M. Migita, T. Okada, N. Mataga, *Tetrahedron Lett.* **22** (1981) 2099; M. Migita, T. Okada, N. Mataga, S. Nishitani, N. Kurata, Y. Sakata, S. Misumi, *Chem. Phys. Lett.* **84** (1981) 263; J. L. Y. Kong, K. G. Spears, P. A. Loach, *Photochem. Photobiol.* **35** (1982) 545; K. N. Ganesh, J. K. M. Sanders, *J. Chem. Soc. Perkin Trans. 1* **1982**, 1611; b) K. N. Ganesh, J. K. M. Sanders, J. C. Waterton, *ibid.* **1982**, 1617; c) M. A. Bergkamp, J. Dalton, T. L. Netzel, *J. Am. Chem. Soc.* **104** (1982) 253; J. S. Lindsey, D. C. Mauzerall, *ibid.* **104** (1982) 4498; C.-B. Wang, H. T. Tien, J. R. Lopez, Q.-Y. Liu, N. B. Joshi, Q.-Y. Hu, *Photobiophys. Photobiophys.* **4** (1982) 177; J. S. Lindsey, D. C. Mauzerall, H. Linschitz, *J. Am. Chem. Soc.* **105** (1983) 6528; A. R. McIntosh, A. Siemiarz, J. R. Bolton, M. J. Stillman, T.-F. Ho, A. C. Weedon, *ibid.* **105** (1983) 7215; A. Siemiarz, A. R. McIntosh, T.-F. Ho, M. J. Stillman, K. J. Roach, A. C. Weedon, J. R. Bolton, J. S. Connolly, *ibid.* **105** (1983) 7224; S. Nishitani, N. Kurata, Y. Sakata, S. Misumi, A. Karen, T. Okada, N. Mataga, *ibid.* **105** (1983) 7771; T. A. Moore, D. Gust, P. Mathis, J.-C. Mialocq, C. Chachaty, R. V. Bensasson, E. J. Land, D. Doizi, P. A. Liddell, W. R. Lehman, G. A. Nemeth, A. L. Moore, *Nature (London)* **307** (1984) 630; M. R. Wasielewski, M. P. Niemczyk, *J. Am. Chem. Soc.* **106** (1984) 5043; A. D. Joran, B. A. Leland, G. G. Geller, J. J. Hopfield, P. B. Dervan, *ibid.* **106** (1984) 6090.
- [3] J. Weiser, H. A. Staab, *Angew. Chem.* **96** (1984) 602; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **23** (1984) 623.
- [4] J. H. Wood, R. E. Gibson, *J. Am. Chem. Soc.* **71** (1949) 393; P.-S. Song, P. K. Chui, J. N. Marx, *J. Heterocycl. Chem.* **12** (1975) 417.
- [5] M. Delmas, Y. LeBigot, A. Gaset, *Synth. Commun.* **12** (1982) 107.
- [6] G. M. Anantharamaiah, K. M. Sivanandaiah, *J. Chem. Soc. Perkin Trans. 1* **1977**, 490.
- [7] N. J. Clayden, G. R. Moore, R. J. P. Williams, J. E. Baldwin, M. J. Crossley, *J. Chem. Soc. Perkin Trans. 2* **1982**, 1693; **1983**, 1863.

NEUE BÜCHER

Gene und Klone. Eine Einführung in die Gentechnologie.
Von E.-L. Winnacker. Verlag Chemie, Weinheim 1984.
XII, 454 S., geb. DM 70.00. – ISBN 3-527-26061-7

Die Aktualität von Lehrbüchern über molekularbiologische Themen hat häufig eine nur sehr kurze Halbwertszeit. Es erfordert daher Mut und die Fähigkeit, wichtige zukünftige Entwicklungen vorauszusehen, wenn man eine Einführung in die Konzepte und Techniken der Gentechnologie kompendienartig zu vermitteln versucht. *Ernst-Ludwig Winnacker* ist mit seinem Buch „Gene und Klone“ ein Beitrag gelungen, der nicht nur von Neulingen in der Molekularbiologie geschätzt werden wird. In didaktisch vorbildlicher Anordnung werden molekularbiologisches Grundwissen und gentechnologische Konzepte und Tech-

niken geschickt miteinander verknüpft. Die Reihenfolge der Kapitel dieses Buches reflektiert das experimentelle Vorgehen beim Klonieren von Genen. Molekularbiologisches Arbeiten ist immer auch solides Handwerk, das gelernt und täglich nach neuesten Erkenntnissen modifiziert werden muß. Auch dieser handwerklichen Seite wird die Darstellung *Ernst-Ludwig Winnackers* gerecht. Die Kombination von theoretischem Grundwissen und handwerklichem Rüstzeug ermöglicht Anfängern die Lektüre; die Präzision im Detail und das Streben nach hoher Aktualität machten das Buch aber auch für Fortgeschrittene zu einem nützlichen und lesenswerten Kompendium. Das Nachschlagen von Fakten, die für die tägliche Arbeit essentiell sind, wird durch die zahlreichen anschaulichen Illustratio-