

Eine einfache Synthese von 11*H*-Indolo[3,2—*c*]chinolin-6-onen [1]

Wolfgang Stadlbauer, Abdul-Salam Karem und Thomas Kappe

Institut für Organische Chemie, Abteilung für Organische Synthese,
Karl-Franzens-Universität Graz, A-8010 Graz, Österreich

(Eingegangen 23. Dezember 1985. Angenommen 24. Januar 1986)

A Convenient Synthesis of 11H-Indolo[3,2—c]quinolones

11*H*-Indolo[3,2—*c*]quinolin-6-onen, which are containing the γ -carboline ring system, can be easily synthesized from 4-azido-3-phenyl-2(1*H*)-quinolones, which are obtained in a two step reaction from 4-hydroxy-3-phenyl-2(1*H*)-quinolones. Cyclization of the azides can be realized by irradiation or thermal reaction.

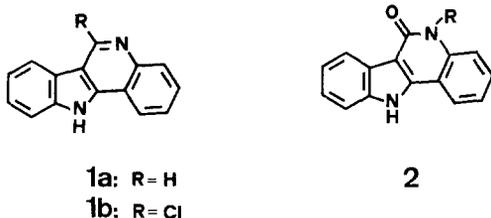
(*Keywords*: 11*H*-Indolo[3,2—*c*]quinolin-6-onen; 4-Azido-2(1*H*)-quinolones; Ring closure reactions; Photolysis; Thermolysis; 4-(Triphenylphosphoranylidenamino)-2(1*H*)-quinolones)

Einleitung

3,4-Benzo- γ -carboline (**1**), welche neben dem Vorkommen in Iboga-Alkaloiden [2] auch von pharmakologischem Interesse sind [3, 4], können entweder ausgehend von Tetrahydro-4-chinolonen und Phenylhydrazon über eine *Fischer*-Indol-Synthese [5] aufgebaut oder aus 4-Chlorchinolinen und *o*-Phenylendiamin im Sinne einer *Graebe-Ullmann*-synthese hergestellt werden [6, 7]. Synthesewege, die zum Indolo[3,2—*c*]chinolonsystem **2** führen, gehen entweder von acylierten Indolderivaten aus [8—12] oder der Indolring wird durch Cyclisierung an 3-phenyl-substituierten 2-Chinolonen hergestellt [13—16].

Nachdem die bekannten Synthesen entweder über viele Stufen verlaufen bzw. von nicht käuflichen Ausgangsmaterialien ausgehen, oder die Ausbeuten zu schlecht sind, um größere Mengen an Benzo- γ -carbolinen **2** zu synthetisieren, wird in der vorliegenden Arbeit eine

einfache und ergiebige Synthese dieser Verbindungsklasse vorgestellt, die nur wenige Stufen benötigt und von kommerziell erhältlichem Material ausgeht.

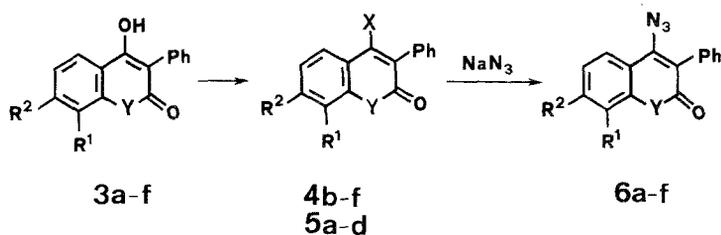


Ergebnisse und Diskussion

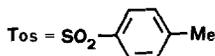
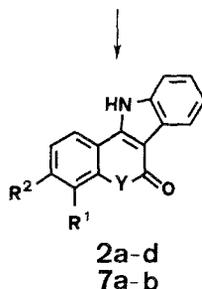
Als Vorstufe zur Herstellung der entsprechenden Indolo[3,2-*c*]-chinolin-6-one (**2**) wurden die entsprechenden 4-Azido-3-phenyl-2(1*H*)-chinolone **6** gewählt, die durch Photolyse oder — für präparative Zwecke besser geeignet — durch Thermolyse zu den entsprechenden Indolochinolonen **2** cyclisieren. Das Prinzip dieser Reaktion ist die bekannte Synthese von Carbazol aus 2-Phenylazidobenzol [17—19]. Die Thermolyse von Azidochinolonen zu den Benzo- γ -carbolinen **2** sollte neben der einfachen Synthesemöglichkeit noch weiter den Vorteil bieten, durch Variation im Anilinteil bei der Synthese der als Ausgangsmaterial dienenden 4-Hydroxy-2-chinolone **3** [20] verschiedene Substituenten in das 4-Azidochinolone **6** einzubringen. Durch Verwendung von Phenolen anstatt der Aniline gelangt man zu Oxa- γ -carbolinen **7**, die auch als aza-analoge Cumösterivate aufgefaßt werden können, dem Grundkörper des biologisch wirksamen Cumöstrols. Synthesen für diese Verbindungsklasse erschienen auch deswegen von Interesse, da an der 3,4-Stelle kondensierte Cumarine starke biologische Aktivität zeigen [21—25]. Synthesen des Indolochromengerüsts gingen bisher entweder von Chromanonen über eine *Fischer*-Indolsynthese [26, 27] oder über 2-acylsubstituierte Indole [10, 28]. Bei der bereits erwähnten Cyclodehydrierung mit Palladium konnten nur die *N*-Phenylindolocumarine in guten Ausbeuten erhalten werden [15].

Thermische Cyclisierung von 4-Azidochinolonen und -cumarinen 6

Die 4-Azidochinolone (**6 a—d**) und 4-Azidocumarine (**6 e, f**), werden aus den entsprechenden 4-Chlor- oder 4-Tosyloxyverbindungen hergestellt, wobei als Einschränkung gilt, daß 1-unsubstituierte Chinolone (**3 a**) nur über die Tosyloxychinolone **5** zu den 4-Azidoderivaten reagieren [1]. Die Thermolyse der Azidochinolone **6 a—d** oder der Azidocumarine **6 e, f** erfolgte in siedendem Dimethylformamid. Nach einer zwei- bis



3-6	Y	R ¹	R ²	4 X	5 X
a	NH	H	H	-	OTos
b	NMe	H	H	Cl	OTos
c	NPh	H	H	Cl	OTos
d	N(CH ₂) ₃	H	H	Cl	OTos
e	O	H	H	Cl	-
f	O	H	OMe	Cl	-



2	X	R ¹	R ²
a	NH	H	H
b	NMe	H	H
c	NPh	H	H
d	N(CH ₂) ₃	H	H

7	X	R ¹	R ²
a	O	H	H
b	O	H	OMe

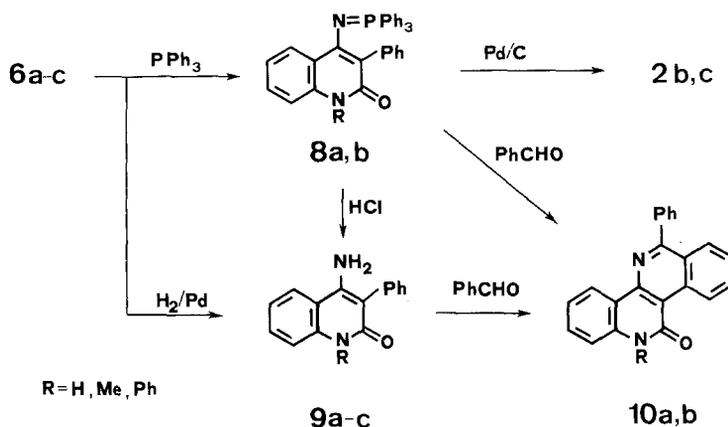
dreistündigen Reaktionszeit kann das entsprechende Indolochinolon **2** bzw. das Indolocumarin **7** in etwa 70 bis 90% Ausbeute isoliert werden.

Photocyclisierung von 4-Azidochinolonen und 4-Azidocumarinen 6

Beim Bestrahlen der entsprechenden Azidverbindungen in Aceton können sowohl mit Quecksilber-Niederdruck als auch mit Hochdrucklampen die entsprechenden Benzo- γ -carboline isoliert werden. Die Ausbeuten liegen bei etwa 60%, daneben kann aber das Auftreten größerer Mengen Nebenprodukte beobachtet werden.

Weitere Umsetzungen der 4-Azidochinolone 6

Die Reaktion von Aziden mit Triphenylphosphan, die bereits vor längerer Zeit beschrieben wurde [29, 30], führt auch im Fall der Chinolin-Azide **6** in guten Ausbeuten zu den Iminophosphoranen **8**. Die Reduktion der Azide **6** mit Wasserstoff am Palladiumkatalysator führt ebenso wie die Hydrolyse der Iminophosphorane **8** mit wäßriger Salzsäure zu den 4-Amino-chinolonen **9** [31, 32].



Die Iminophosphorane **8** können ebenso wie die 4-Aminochinolone **9** in die Indolochinolone **2** und die Isochinolino-chinolone **10** überführt werden [15, 33]. Die Cyclodehydrierung verläuft dabei schon bei wesentlich niedrigerer Temperatur in Xylol (statt in Diphenylether), es entstehen aber einige Nebenprodukte, und die Ausbeute ist mit etwa 25% nicht besser als bei der Cyclodehydrierung der Aminochinolone **9** [15]. Auch die Isochinolinbildung ausgehend von **8** mit Benzaldehyd verläuft nur in geringen Ausbeuten, und hier ist eindeutig die Methode über die Aminoverbindung **9** [33] vorzuziehen.

*Überführung des Indolochinolons **2a** zum Benzo- γ -carbolin **1a***

Die Umwandlung des Indolochinolons **2a** in den Grundkörper **1a** gelingt auf einfache Weise, indem man die Oxogruppe in 6-Stellung mit Hilfe von Phosphorylchlorid in das Chlorderivat **1b** überführt. Durch Reduktion mit Zink erhält man in guter Ausbeute das Benzo- γ -carbolin **1a** [5, 11].

Schlußbemerkung

Es hat sich gezeigt, daß die Synthese von Benzo- γ -carbolinen **2** und entsprechender sauerstoffanaloger Azacumöstane **7** über die entsprechenden Azidochinolone und Azidocumarine **6** einen einfachen und ergiebigen Weg zur Herstellung dieser Verbindungsklasse darstellt. Die Ausbeuten sind wesentlich besser als bei allen anderen bisher bekannten Verfahren, und insbesondere die einfache Aufarbeitung und leicht erhältliche Ausgangsmaterialien (Phenylmalonester, entsprechende Aniline bzw. Phenole, Phosphorylchlorid bzw. Tosylchlorid und Natriumazid) sprechen für die Verwendung dieser Methode, die den Zugang zu dieser Klasse von Naturstoffanalogen wesentlich erleichtert.

Dank

Für die Aufnahme der Massenspektren danken wir Herrn Doz. Dr. H. Gleispach und dem Fond zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung in Österreich (Proj. Nr. 5617).

Experimenteller Teil

Schmp.: *Tottoli*-Apparat (Büchi) bzw. Gallenkamp Melting Point Apparatus (offene Kapillaren, nicht korrigiert). IR-Spektren: Perkin Elmer 298. ¹H-NMR-Spektren: Varian EM 360 (*DMSO-d*₆, *TMS* als internen Standard). Massenspektren: Finnigan 4000 (EI: 70 eV, CI: 120 eV, Methan). Elementaranalysen: C,H,N-Automat Carlo Erba 1106. Bestrahlungslampen: Hanau Niederdrucklampe TNN 15/32 und Hanau Hochdrucklampe TQ 150 mit wassergekühltem Quarzkühler.

11H-Indolo[3,2-c]chinolin (3,4-Benzo-γ-carbolin) (1a)

1.00 g (0.004 mol) **1b** wird in 20 ml Ethanol/Eisessig (2:1) 30 min unter Zugabe von Zinkpulver reduziert. Nach dem Filtrieren wird mit Wasser verdünnt und der entstandene Niederschlag abgesaugt. Ausb. 0.6 g (77%) farblose Prismen, Schmp. 316 °C aus Ethanol-Wasser (Lit.: 320 °C [5] bzw. 310 °C [11]).

MS: *m/e* (%) = 219 (17), 218 (100, *M*⁺), 217 (26), 202 (34).

6-Chlor-11H-indolo[3,2-c]chinolin (1b)

2.0 g Indolochinolon (**2a**) werden in 50 ml Phosphorylchlorid 2 h unter Rückfluß zum Sieden erhitzt. Nach dem Abziehen des überschüssigen POCl₃ wird mit 2 *n* NaOH auf *pH* 5–6 gebracht und filtriert. Ausb. 1.4 g (75.6%) farblose Prismen, Schmp. 285 °C aus Ethanol (Lit. [11]: 280 °C).

IR (KBr): 3 250 s, 1 620 w, 1 590 m, 1 565 cm⁻¹.

MS: *m/e* (%) = 254 (36), 252 (100, *M*⁺), 217 (22).

Allgemeine Herstellungsverfahren für die Indolochinolone 2

Methode a: Eine Lösung von 0.01 mol der 4-Azidochinolone **6** in 30 ml Dimethylformamid werden 2 h unter Rückfluß zum Sieden erhitzt. Nach dem Erkalten wird mit 100 ml Wasser verdünnt und der ausgefällte Niederschlag aus den in Tab. 1 angegebenen Lösungsmitteln umkristallisiert.

Methode b: 0.001 mol Azidochinolon **6** werden in 150 ml Aceton mit einer gekühlten Quecksilber-Niederdrucklampe 4 h bei 20 °C bestrahlt und dann am Rotationsverdampfer zur Trockne eingengt. Nach dem Anreiben mit Methanol wird aus dem in Tab. 1 angegebenen Lösungsmittel umkristallisiert.

Methode c: 1 mmol Iminophosphoran **8** werden in 50 ml Xylol unter Zusatz von 0.5 g Palladium/Aktivkohle 12 h unter Rückfluß zum Sieden erhitzt. Nachdem noch heiß vom Katalysator filtriert wurde, engt man auf ca. 1/3 des Lösungsmittels ein, saugt das unlösliche Indol ab und kristallisiert aus dem in Tab. 1 angegebenen Lösungsmittel um.

4-Hydroxy-2(1H)-chinolone und 4-Hydroxycumarine (3)

Die Herstellung erfolgte nach Lit. [34] bzw. Lit. [35].

4-Chlor-2(1H)-chinolone (4)

Herstellung nach Lit. [33].

Tabelle 1. *Indolochinolone 2 a—d und Benzopyrano-indole 7 a, b*

Verbindung	Summenformel Molmasse ^a	Schmp. (°C) Umkrist.	Methode: Ausb. (%)
11 <i>H</i> -Indolo[3,2- <i>c</i>]chinolin-6(5 <i>H</i>)-on (2 a)		340 (Z) Lit. [13—16]: 280—340 °C	a: 77 b: 54
5-Methyl-11 <i>H</i> -indolo[3,2- <i>c</i>]-chinolin-5 <i>H</i> -on (2 b)		295 Lit. [15]: 265	a: 72 b: 61 c: 24
5-Phenyl-11 <i>H</i> -indolo-[3,2- <i>c</i>]-chinolin-6-5 <i>H</i> -on (2 c)		306 Lit. [15]: 305	a: 82 b: 68 c: 27
10,11-Dihydro-5 <i>H</i> ,9 <i>H</i> -benzo[<i>ij</i>]-indolo[2,3- <i>b</i>]-chinolizin-13-on (2 d) ^b	C ₁₈ H ₁₄ N ₂ O 274.3	301—303 Xylol	a: 63 b: 51
11 <i>H</i> -[1]Benzopyrano[4,3- <i>b</i>]-indol-6-on (7 a)		315 Lit. [15]: 285	a: 80
3-Methoxy-11 <i>H</i> -[1]benzopyrano[4,3- <i>b</i>]indol-6-on (7 b) ^c	C ₁₆ H ₁₁ NO ₃ 265.3	310 MeOH/H ₂ O	a: 79

^a Die Analysenwerte (C,H,N) stimmen mit den angeführten Summenformeln gut überein.

^b IR von **2 d**: 3 050 m, 1 635 s, 1 590 s, 1 500 w cm⁻¹.

^c IR von **7 b**: 3 140 s, 1 690 s, 1 625 s, 1 590 w, 1 570 w, 1 515 w cm⁻¹.

Tabelle 2. *4-Azidochinolone (6 a—d)*

Verbindung	Summenformel Molmasse ^a	Schmp. (°C) Umkrist.
4-Azido-3-phenyl-2(1 <i>H</i>)-chinolon (6 a)	C ₁₅ H ₁₀ N ₄ O 262.3	260 (Z) DMF/H ₂ O
4-Azido-1-methyl-3-phenyl-2(1 <i>H</i>)-chinolon (6 b)	C ₁₆ H ₁₂ N ₄ O 276.3	90—92 MeOH/H ₂ O
4-Azido-1,3-diphenyl-2(1 <i>H</i>)-chinolon (6 c)	C ₂₁ H ₁₄ N ₄ O 338.4	127—130 MeOH/H ₂ O
1-Azido-2-phenyl-6,7-dihydro-3 <i>H</i> ,5 <i>H</i> -benzo[<i>ij</i>]chinolizin-3-on (6 d)	C ₁₈ H ₁₄ N ₄ O 302.4	125 EtOH/H ₂ O
4-Azido-3-phenyl-2 <i>H</i> -[1]benzopyran-2-on (6 e)	C ₁₅ H ₉ N ₃ O ₂ 263.3	143—145 EtOH/H ₂ O
4-Azido-7-methoxy-3-phenyl-2 <i>H</i> -[1]benzopyran-2-on (6 f)	C ₁₆ H ₁₁ N ₃ O ₃ 283.3	140—145 EtOH/H ₂ O

^a Die Analysenwerte (C, H, N) stimmen mit den angeführten Summenformeln gut überein.

4-Chlor-3-phenyl-2H-[1]benzopyran-2-on 4e

16.00 g (0.017 mol) 4-Hydroxy-3-phenylcumarin (**3e**) werden wie in Lit. [33] für die Chinolone beschrieben, mit POCl₃ umgesetzt. Ausb. 9.6 g (57.2%) hellgelbe Prismen, Schmp. 168—172 °C aus Ethanol-Wasser.

IR: 1 730 s, 1 610 s, 1 565 w cm⁻¹.

C₁₅H₉ClO₂ (256.7). Ber. C 70.19 H 3.53 Cl 13.81.
Gef. C 70.09 H 3.81 Cl 13.92.

4-Chlor-7-methoxy-3-phenyl-2H-[1]benzopyran-2-on 4f

20.00 g (0.74 mol) 4-Hydroxy-7-methoxy-3-phenylcumarin (**3f**) werden wie unter **4e** beschrieben umgesetzt.

Ausb. 18.0 g (84%) farblose Prismen, Schmp. 123 °C aus Ethanol-Wasser.

IR: 3 500 w, 1 710 s, 1 620 s, 1 500 w cm⁻¹.

C₁₆H₁₁ClO₃ (286.7). Ber. C 67.03 H 3.87 Cl 12.37.
Gef. C 67.43 H 3.68 Cl 12.48.

4-Tosyloxy-2(1H)-chinolone 5

Herstellung nach Lit. [1].

Herstellung der 4-Azido-2(1H)-chinolone und der 4-Azido-cumarine 6

Aus den 4-Chlorverbindungen **4** (Methode a) oder den 4-Tosyloxyverbindungen **5** (Methode b) nach den in Lit. [1] angeführten Herstellungsvorschriften. Ausbeuteangaben und physikalische Daten: Tab. 2.

*11H-[1]Benzopyrano[4,3-*b*]indol-6-on (7a) und 3-Methoxy-11H[1]benzopyrano[4,3-*c*]indol-6-on (7b)*

Die Herstellung erfolgte nach der bei **2** beschriebenen Methode aus den entsprechenden 4-Azidocumarinen **6e, f**. Physikalische Daten: Tab. 1.

und 4-Azidocumarine (6e, f)

Methode Ausb.	IR (KBr, cm ⁻¹) ¹ H-NMR (DMSO- <i>d</i> ₆ , δ-Werte in ppm)
b: 89	3 100—2 800 b, 2 130 s, 1 670 s, 1 615 s, 1 605 m, 1 575 s, 1 500 m
a: 89	3 020 w, 2 110 s, 1 640 s, 1 625 w, 1 610 w, 1 590 w, 1 500 w
b: 85	
a: 83	2 110 s, 1 645 s, 1 610 w, 1 590 w, 1 560 w
b: 85	
a: 63	2 920 s, 2 110 m, 1 630 s, 1 590 s
b: 71	
a: 88.8	2 210 s, 1 700 s, 1 620 s, 1 560 w, 1 510 w 7.1—7.85 (m, 8 arom. H), 8.45 (dd, <i>J</i> = 2 und 7 Hz, H an C-5)
a: 86	2 110 s, 1 700 s, 1 620 s, 1 600 w, 1 560 w, 1 510 w

1-Methyl-3-phenyl-4-(triphenylphosphoranylidenamino)-2(1H)-chinolon (8a)

Eine Lösung von 2.8 g (0.01 mol) Azidochinolon **6b** und 2.9 g (0.011 mol) Triphenylphosphan in 50 ml Benzol werden 3 h unter Rückfluß zum Sieden erhitzt. Nach dem Einengen am Rotationsverdampfer wird aus Cyclohexan umkristallisiert. Ausb. 3.3 g (64%) gelbliche Prismen, Schmp. 110 °C aus Ligroin.

IR (KBr): 1 635 s, 1 615 m, 1 605 m, 1 590 m, 1 570 w.

¹H-NMR: $\delta = 3.7$ (s, Me), 7.1—7.8 (m, 18 H), 8.0 (dd, $J = 2 + 7$ Hz, H an C-5).

$C_{34}H_{27}N_2OP$ (510.6). Ber. C 79.98 H 5.53 N 5.49.
Gef. C 80.23 H 5.26 N 5.54.

1,3-Diphenyl-4-(triphenylphosphoranylidenamino)-2(1H)-chinolon (8b)

3.4 g (0.01 mol) Azidochinolon **6c** werden wie bei **8a** beschrieben zur Reaktion gebracht. Ausb. 3.95 g (69%) farblose Prismen, Schmp. 188—193 °C aus Cyclohexan.

IR: 3 060 w, 2 960 w, 1 635 s, 1 610 m, 1 590 w, 1 550 m, 1 500 w cm^{-1} .

MS: m/e (%) = 311 (5), 310 (6, $M^+ - 262$), 297 (8), 296 (8), 277 (9), 262 (100, PPh_3), 219 (21).

$C_{39}H_{29}N_2OP$ (572.6). Ber. C 81.80 H 5.10 N 4.89.
Gef. C 81.70 H 5.25 N 4.83.

Herstellung der 4-Amino-2(1H)chinolone 9

Methode a: 0.005 mol des entsprechenden 4-Azidochinolons **6** wird in 100 ml Methanol am Palladiumkatalysator (10% Pd auf Aktivkohle) 12 h hydriert. Nach Filtrieren und Einengen erhält man die in Tab. 3 angegebenen Aminochinolone **9**.

Methode b: 0.005 mol des entsprechenden Phosphorimins **8** wird 1 h in 1 n Salzsäure bei 60—70 °C gehalten. Nach dem Entfernen des überschüssigen Lösungsmittels wird mit Methanol angerieben und aus dem angegebenen Lösungsmittel umkristallisiert.

4-Amino-3-phenyl-2(1H)-chinolon (9a)

Ausb. 78% (b), ident. mit einem authentischen Präparat [33].

4-Amino-1-methyl-3-phenyl-2(1H)-chinolon (9b)

56% (a); 63% (b). Identisch mit einem authentischen Präparat [33].

4-Amino-1,3-diphenyl-2(1H)-chinolon (9c)

68% (a); 75% (b). Identisch mit einem authentischen Präparat [33].

6-Methyl-dibenzo[c, h]-1,6-naphthyridin-11(12H)-on (10a)

1.05 g (0.002 mol) Iminophosphoran **8a** werden 12 h unter Stickstoff in 30 ml Benzaldehyd unter Rückfluß zum Sieden erhitzt. Nach dem Entfernen des überschüssigen Benzaldehyds reibt man mit Bicarbonatlösung an und kristallisiert aus 1-Butanol um. Ausb. 0.09 g (15%), gelbliche Prismen, Schmp. und IR-Spektrum ident. mit einer authent. Probe [33].

6-Phenyl-dibenzo[c, h]-1,6-naphthyridin-11(12H)-on (10b)

Herstellung wie bei **10a** beschrieben. Ausb. 0.095 g (17%) farblose Prismen, Schmp. und IR ident. mit einem authent. Präparat [34].

Literatur

- [1] Diese Arbeit ist die 4. Mitt. der Serie „Organische Azide in der Heterocyclen-Synthese“. 3. Mitt.: *Stadlbauer W* (1986) *Monatsh Chem* 117: 1305
- [2] *Saxton JE* (1960) In: *Manske* (Hrsg) Bd VII. Academic Press, New York London, S 4 ff
- [3] *Hörlein U* (1954) *Chem Ber* 87: 463
- [4] *Boeckelheide V, Ainsworth C* (1950) *J Amer Chem Soc* 72: 2132
- [5] *Clemons GR, Perkin WH* (1925) *J Chem Soc* 1925: 1608
- [6] *Kermack WO, Smith JF* (1930) *J Chem Soc* 1930: 1999
- [7] *Kermack WO, Storey NE* (1950) *J Chem Soc* 1950: 607
- [8] *Winterfeldt E, Altmann HJ* (1968) *Angew Chem* 80: 486. *Angew Chem, Int Ed Engl* 7: 466
- [9] *Bergmann J, Carlsson R, Sjöberg B* (1977) *J Heterocycl Chem* 14: 1123
- [10] *Bourdais J, Lorre A* (1973) *J Heterocycl Chem* 12: 1111
- [11] *Dave V, Warnhoff EW* (1975) *Tetrahedron* 31: 1255
- [12] *Kanaoka Y, San-nohe K* (1980) *Tetrahedron Lett* 21: 3893
- [13] *DeDriesbach H, Gross J, Tschannen W* (1951) *Helv Chim Acta* 34: 1050
- [14] *Walser A, Silverman G, Flynn T, Fryer RI* (1975) *J Heterocycl Chem* 12: 351
- [15] *Stadlbauer W, Kappe Th* (1984) *Monatsh Chem* 115: 467
- [16] *Braunholtz JT, Mann FG* (1955) *J Chem Soc* 1955: 381
- [17] *Dyall LK* (1983) In: *Patai S, Rappoport Z* (eds) *The chemistry of functional groups*, Suppl D. Wiley, Chichester
- [18] *Smith PAS* (1984) In: *Scriven EFV* (ed) *Azides and nitrenes*. Academic Press, New York London
- [19] *Iddon B, Meth-Cohn O, Scriven EFV, Suschitzky H, Gallagher PT* (1979) *Angew Chem* 91: 965 und dort zitierte Literatur
- [20] *Baumgarten P, Kärger W* (1927) *Ber Dtsch Chem Ges* 60: 832; *Stadlbauer W, Schmut O, Kappe Th* (1980) *Monatsh Chem* 111: 1005
- [21] *Bickoff EM, Lyman RL, Livingstone AL, Both AN* (1958) *J Amer Chem Soc* 80: 3969; *Emerson OH, Bickoff EM* (1958) *J Amer Chem Soc* 80: 4391; *Bickoff EM, Both AN* (1958) *J Agricult Food Chem* 6: 536
- [22] *Grisebach H, Barz W* (1963) *Chem Ind (London)* 1963: 690
- [23] *Simonisch E, Eisenhut W, Stamm OA, Schmid H* (1960) *Helv Chim Acta* 43: 58
- [24] *Wattenberg LW, Lam LKT, Fladmoe AV* (1979) *Cancer Res* 39: 1651
- [25] *Maksumi Y* (1973) *Jpn Pat* 73.000596; *Chem Abstr* 78: 72091
- [26] *Padfield EM, Tomlinson ML* (1950) *J Chem Soc* 1950: 2272
- [27] *Sharkova NM, Kucherova NF, Zagorevskii VA* (1962) *Zh Org Khim* 32: 364
- [28] *Unangst PC, Brown RE* (1984) *J Heterocycl Chem* 21: 283
- [29] *Staudinger H, Meyer J* (1919) *Helv Chim Acta* 2: 635
- [30] *Sasaki T, Kanematsu K, Murata M* (1972) *Tetrahedron* 28: 2383
- [31] *Vaultier M* (1968) *Tetrahedron Lett* 24: 763
- [32] *Rolla F* (1982) *J Org Chem* 47: 4372
- [33] *Stadlbauer W, Kappe Th* (1982) *Monatsh Chem* 113: 751
- [34] *Stadlbauer W, Schmut O, Kappe Th* (1980) *Monatsh Chem* 111: 1005
- [35] *Mentzer C, Molho D, Vercier P* (1949) *Bull Soc Chim (France)* 1949: 749; *Mentzer C, Vercier P* (1957) *Monatsh Chem* 88: 264