

Hydroxylamine in der Vierkomponenten-Kondensation nach Ugi, II¹⁾

Gerwalt Zinner*, Dietrich Moderhack, Ortwin Hantelmann und Wolfgang Bock

Institut für Pharmazeutische Chemie der Technischen Universität Braunschweig,
D-3300 Braunschweig, Beethovenstr. 55

Eingegangen am 14. März 1974

Auf Hydroxylamine wird die Tetrazol-Variante der Titelreaktion angewandt; bei Vorliegen freier NH₂-Gruppen tritt doppelte Umsetzung ein, während stärkere sterische Hinderung lediglich zur Bildung entsprechender (Hydroxyalkyl)tetrazole führt. Einige Produkte werden als Acylderivate charakterisiert, von denen ein Teil bei relativ niedriger Temperatur einer Seitenketten-Pyrolyse unterliegt.

Hydroxylamines in the Four-Component Condensation (Ugi Reaction), II¹⁾

Hydroxylamines undergo the title reaction in the presence of hydrazoic acid to give the expected 1,5-disubstituted tetrazoles. In the case of an unsubstituted NH₂ group a *N,N*-disubstituted reaction product is obtained, whereas in the case of severe steric hindrance the corresponding (hydroxyalkyl)tetrazole is formed. A few of the tetrazoles obtained were converted to acyl derivatives, some of which are susceptible to side-chain pyrolysis under relatively mild conditions.

Im I. Teil dieser Reihe¹⁾ wurde über das Verhalten von Hydroxylaminen in der als Säureamid-Variante (mit Wasser als Nucleophil) durchgeführten Ugi-Reaktion²⁾ berichtet. Nachdem Amine²⁾ und Hydrazine³⁾ schon früher mit Azid als Nucleophil zu 1,5-disubstituierten Tetrazolen umgesetzt werden konnten, sollten entsprechende Versuche auf Hydroxylamine ausgedehnt werden.

Die Reaktionen wurden normalerweise mit Natriumazid in wäßrig-methanolischer (A) oder wäßrig-acetonischer (B) Lösung vorgenommen, in zwei Fällen auch mit benzolischer Stickstoffwasserstoffsäure in Dioxan (C-1) bzw. Methanol (C-2), s. Tab. 1.

Mit *N*-substituierten Hydroxylaminen und Formaldehyd als Carbonyl-Komponente erhielten wir die erwarteten Produkte **1** in mäßigen bis guten Ausbeuten (s. Tab. 1).

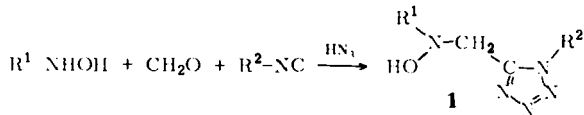
Mit unsubstituiertem Hydroxylamin und seinem *O*-Methyl- und *O*-Äthyl-Derivat wurden, auch unter dafür ungünstigen stöchiometrischen Verhältnissen, statt der

¹⁾ I. Mitteil.: G. Zinner, D. Moderhack und W. Kliegel, Chem. Ber. 102, 2536 (1969); siehe auch D. Moderhack, Liebigs Ann. Chem. 1973, 359.

²⁾ G. Gokel, G. Lüdke und I. Ugi, Four-Component Condensations and Related Reactions, in I. Ugi, Isonitrile Chemistry, S. 145–199, Academic Press, New York und London 1971.

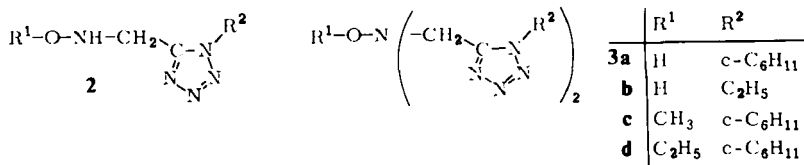
³⁾ G. Zinner und W. Bock, Arch. Pharm. (Weinheim) 304, 933 (1971); 306, 95 (1973).

Produkte **2** einer äquimolaren Umsetzung nur die Verbindungen **3** einer an der freien NH_2 -Gruppe zweifach erfolgten Reaktion isoliert⁴⁾.

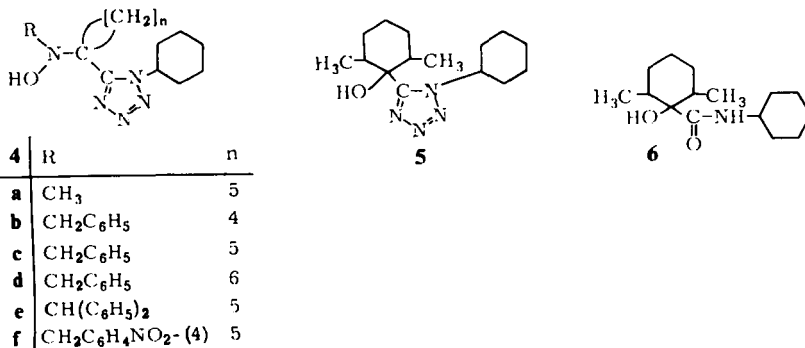


	R ¹	R ²		R ¹	R ²
1a	CH ₃	c-C ₆ H ₁₁	1g	C ₆ H ₅	c-C ₆ H ₁₁
b	CH ₃	CH ₂ C ₆ H ₅	h	c-C ₆ H ₁₁	c-C ₆ H ₁₁
c	C ₂ H ₅	c-C ₆ H ₁₁	i	c-C ₆ H ₁₁	CH ₂ C ₆ H ₅
d	C ₃ H ₇	c-C ₆ H ₁₁	k	CH ₂ C ₆ H ₅	c-C ₆ H ₁₁
e	CH(CH ₃) ₂	c-C ₆ H ₁₁	l	CH ₂ C ₆ H ₄ NO ₂ - (4)	c-C ₆ H ₁₁
f	CH(CH ₃) ₂	CH ₂ C ₆ H ₅	m	CH(C ₆ H ₅) ₂	c-C ₆ H ₁₁

Die durch Vierkomponenten-Kondensation nicht zugänglichen Verbindungen des Typs **2** (R¹ = H) erhielten wir bei der Hydrolyse⁶⁾ geeigneter Nitron⁷⁾.



Mit cyclischen Ketonen als Carbonyl-Komponente und *N*-substituierten Hydroxylaminen gewannen wir bei Einsatz von Cyclopentanon, Cyclohexanon und Cycloheptanon die erwarteten Reaktionsprodukte **4** nur in schlechten bis mäßigen Ausbeuten. Aus einem entsprechenden Reaktionsansatz mit 2,6-Dimethylcyclohexanon



4) Dieses Reaktionsverhalten beobachteten wir mit Hydroxylaminen auch in der Säureamid-Variante¹⁾, mit Aminen³⁾ und Hydrazinen^{3,5)} in der Säureamid- und der Tetrazol-Variante.

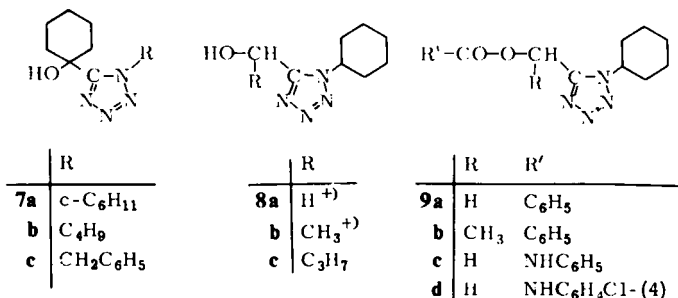
5) G. Zinner und W. Kliegel, Arch. Pharm. (Weinheim) **299**, 746 (1966).

6) G. Zinner und O. Hantelmann, III. Teil dieser Reihe, in Vorbereitung.

7) G. Zinner und O. Hantelmann, Arch. Pharm. (Weinheim), im Druck.

wurden nur geringe Mengen des durch Ausweichreaktion ohne Beteiligung der Hydroxylamin-Komponente gebildeten Produkts **5** isoliert; auch unter den Bedingungen der Säureamid-Variante isolierten wir bei Verwendung dieses sterisch gehinderten Ketons nur das Amid **6**⁸⁾.

Die geringe Ausbeute an **5** läuft parallel zu Angaben von Ugi und Meyr¹⁰⁾, die bei Untersuchungen über die Anwendung von Stickstoffwasserstoffsäure in der Passerini-Reaktion feststellten, daß aromatische Aldehyde sowie Ketone zu träge reagieren (Ausbeuten bei zwei entsprechenden Produkten aus Benzaldehyd sowie Aceton lediglich 7 bzw. 32%). Wir haben in Ergänzung zu Lit.¹⁰⁾ noch die Derivate **7** des Cyclohexanons und **8** des Form-, Acet- und Butyraldehyds hergestellt und einige dieser Verbindungen in Benzoesäureester bzw. *N*-Arylurethane **9** übergeführt.



+) Siehe auch Lit.¹¹⁾

Die Produkte **1a**, **1k** und **3a** der normal verlaufenen Vierkomponenten-Kondensation wurden mit Säurechloriden bzw. Isocyanaten zu den Derivaten **10** und **11** *O*-acyliert und danach in zwei Fällen einer Pyrolyse unterworfen, wie sie kürzlich an acylierten Reaktionsprodukten der Säureamid-Variante beschrieben wurde¹²⁾. An Stelle der dort gebildeten 2-Oxosäureamide erhielten wir nach saurer Aufarbeitung erwartungsgemäß 1-Cyclohexyl-5-tetrazolcarbaldehyd (**12**)¹³⁾, den wir als Hydrat¹³⁾ oder als 2,4-Dinitrophenylhydrazon¹³⁾ isolierten. Als weiteres Reaktionsprodukt erhielten wir aus **11** 5-Aminomethyl-1-cyclohexyltetrazol (**14**)¹¹⁾, das in zweifacher Ugi-Reaktion mit Formaldehyd, Cyclohexylisocyanid und Natriumazid in salzsaurem Medium das Tris-Derivat **13** bildete; die Ausbeute betrug hier 69%, während es direkt aus Ammoniumchlorid trotz Angebots der Reaktanten in stöchiometrischem Verhältnis nur mit 2% Ausbeute isoliert wurde; in der Säureamid-Variante erhielten wir unter gleichen Bedingungen das entsprechende Produkt **15** dagegen in einer Ausbeute von 43%.

⁸⁾ Solche ohne Beteiligung der Amin-Komponente gebildeten „Ausweichprodukte“ sind verschiedentlich beobachtet worden^{1,3,5,9)}.

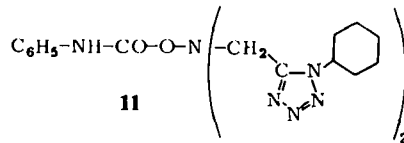
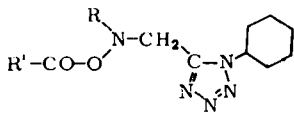
⁹⁾ J. W. McFarland, J. Org. Chem. **28**, 2179 (1963).

¹⁰⁾ I. Ugi und R. Meyr, Chem. Ber. **94**, 2229 (1961).

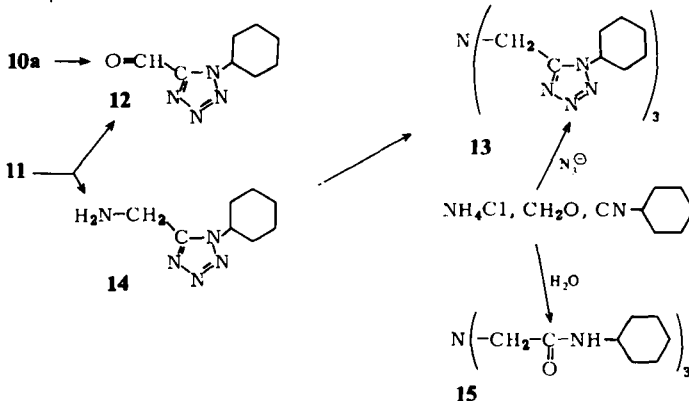
¹¹⁾ E. K. Harvill, R. M. Herbst und E. G. Schreiner, J. Org. Chem. **17**, 1597 (1952).

¹²⁾ D. Moderhack und G. Zinner, Chemiker-Ztg. **98**, 110 (1974).

¹³⁾ Über Darstellung, Eigenschaften und Reaktionen von 1-substituierten Tetrazolcarbaldehyden siehe D. Moderhack, Liebigs Ann. Chem. **758**, 29 (1972).



	R	R'
10a	CH ₃	NHC ₆ H ₅
b	CH ₃	NH-c-C ₆ H ₁₁
c	CH ₃	C ₆ H ₅
d	CH ₃	CH ₃
e	CH ₂ C ₆ H ₅	CH ₃



Experimenteller Teil

Die Schmelzpunkte wurden im Linström-Block bestimmt und nicht korrigiert.

Beispiele für die Durchführung der Vierkomponenten-Kondensation (Ergebnisse in Tab. 1)

Methode A: 1a: Zu einer Mischung von je 0.1 mol *N*-Methylhydroxylamin-hydrochlorid in 30 ml Methanol, wäßriger Formaldehyd-Lösung und Natriumazid in 40 ml Wasser tropfte man unter Eiskühlung und Rühren langsam 0.1 mol Cyclohexylisocyanid, gab den Ansatz nach 30 min in 250 ml Eiswasser und saugte das Rohprodukt scharf ab.

Methode B: 1c: Zu einer Mischung von je 0.1 mol *N*-Äthylhydroxylamin-hydrochlorid in 20 ml Wasser und 100 ml Aceton, wäßriger Formaldehyd-Lösung und Natriumazid in 40 ml Wasser tropfte man unter Eiskühlung und Rühren 0.1 mol Cyclohexylisocyanid und rührte noch 2 h bei Raumtemp. Nach weiteren 3 h sättigte man mit Kaliumcarbonat und gewann das Rohprodukt aus der organischen Phase.

Methode C: 1g: Zu einer Mischung von je 0.1 mol *N*-Phenylhydroxylamin-hydrochlorid in 100 ml Methanol, äthanolischer Formaldehyd-Lösung und Stickstoffwasserstoffsäure in Benzol tropfte man unter Eiskühlung und Rühren 0.1 mol Cyclohexylisocyanid. Anderntags engte man i. Vak. ein und brachte den Rückstand mit Petroläther zur Kristallisation. Für **1a** wurde statt Methanol Dioxan verwendet.

Beispiel für die Herstellung von 7 und 8 (Ergebnisse in Tab. 2): **7a:** Eine Mischung von je 50 mmol Cyclohexanon in 10 ml Methanol, Stickstoffwasserstoffsäure in Benzol und Cyclohexylisocyanid ließ man in verschlossenem Gefäß 8 d bei Raumtemp. stehen, engte i. Vak. ein und brachte den Rückstand zur Kristallisation.

Tab. 1. Dargestellte Verbindungen 1 und 3 – 6

	Schmp. (°C)	% Ausb.	(Methode)
1a 1-Cyclohexyl-5-(<i>N</i> -methylhydroxyaminomethyl)tetrazol	129 – 130 ^{a)}	43 (A); 39 (C-1)	
1b 1-Benzyl-5-(<i>N</i> -methylhydroxyaminomethyl)tetrazol	90 – 91 ^{b)}	39 (A)	
1c 5-(<i>N</i> -Äthylhydroxyaminomethyl)-1-cyclohexyltetrazol	97 – 98 ^{a)}	10 (A); 31 (B)	
1d 1-Cyclohexyl-5-(<i>N</i> -propylhydroxyaminomethyl)tetrazol	113 – 115 ^{c)}	35 (B)	
1e 1-Cyclohexyl-5-(<i>N</i> -isopropylhydroxyaminomethyl)tetrazol	101 – 103 ^{e)}	31 (B)	
1f 1-Benzyl-5-(<i>N</i> -isopropylhydroxyaminomethyl)tetrazol	146 – 147 ^{a)}	30 (A)	
1g 1-Cyclohexyl-5-(<i>N</i> -phenylhydroxyaminomethyl)tetrazol	153 – 154 ^{d)}	39 (C-2)	
1h 1-Cyclohexyl-5-(<i>N</i> -cyclohexylhydroxyaminomethyl)tetrazol	133 – 135 ^{a)}	32 (A)	
1i 1-Benzyl-5-(<i>N</i> -cyclohexylhydroxyaminomethyl)tetrazol	94 – 96 ^{a)}	28 (A)	
1k 5-(<i>N</i> -Benzylhydroxyaminomethyl)-1-cyclohexyltetrazol	116 – 117 ^{e)}	81 (A)	
1l 1-Cyclohexyl-5-[<i>N</i> -(4-nitrobenzyl)hydroxyaminomethyl]tetrazol	160 – 162 ^{f)}	80 (A)	
1m 5-(<i>N</i> -Benzylhydroxyaminomethyl)-1-cyclohexyltetrazol	178 – 180 ^{f)}	92 (A)	
3a <i>N,N</i> -Bis(1-cyclohexyl-5-tetrazolylmethyl)hydroxylamin	186 – 187 ^{e)}	67 (A); 50 (B)	
3b <i>N,N</i> -Bis(1-äthyl-5-tetrazolylmethyl)hydroxylamin	136 – 138 ^{g)}	10 (B)	
3c <i>N,N</i> -Bis(1-cyclohexyl-5-tetrazolylmethyl)methoxyamin	178 – 180 ^{d)}	11 (A)	
3d <i>N,N</i> -Bis(1-cyclohexyl-5-tetrazolylmethyl)äthoxyamin	199 – 201 ^{f)}	10 (A)	
4a 1-Cyclohexyl-5-[1-(<i>N</i> -methylhydroxyamino)cyclohexyl]tetrazol	182 – 183 ^{h)}	11 (A)	
4b 5-[1-(<i>N</i> -Benzylhydroxyamino)cyclopentyl]-1-cyclohexyltetrazol	188 – 189 ^{b)}	3 (A)	
4c 5-[1-(<i>N</i> -Benzylhydroxyamino)cyclohexyl]-1-cyclohexyltetrazol	201 – 202 ^{f)}	24 (A)	
4d 5-[1-(<i>N</i> -Benzylhydroxyamino)cycloheptyl]-1-cyclohexyltetrazol	189 – 191 ^{a)}	2 (A)	
4e 5-[1-(<i>N</i> -Benzylhydroxyamino)cyclohexyl]-1-cyclohexyltetrazol	162 – 164 ^{f)}	14 (A)	
4f 1-Cyclohexyl-5-[1-(<i>N</i> -(4-nitrobenzyl)hydroxyamino)cyclohexyl]tetrazol	200 ⁱ⁾	44 (A)	
5 1-Cyclohexyl-5-(1-hydroxy-2,6-dimethylcyclohexyl)tetrazol	251 (Zers.) ^{f)}	10 (C-2) ^{*)}	
6 <i>N</i> -Cyclohexyl-1-hydroxy-2,6-dimethylcyclohexancarboxamid	185 – 187 ^{d)}	21 (A) ^{**)}	

a-d) s. Tab. 3.

*) Aus Reaktionsansatz mit *N*-Methylhydroxylamin.

**) Aus Reaktionsansatz mit Hydroxylamin.

Tab. 2. Dargestellte Verbindungen 7, 8

	Schmp. (°C)	% Ausb.
7a 1-Cyclohexyl-5-(1-hydroxycyclohexyl)tetrazol	141–142 ^{c)}	43
7b 1-Butyl-5-(1-hydroxycyclohexyl)tetrazol	79–81 ^{c)}	27
7c 1-Benzyl-5-(1-hydroxycyclohexyl)tetrazol	113–115 ^{d)}	37
8a 1-Cyclohexyl-5-(hydroxymethyl)tetrazol	98–99 ^{*a)}	52
8b 1-Cyclohexyl-5-(1-hydroxyäthyl)tetrazol	90–91 ^{**c)}	47
8c 1-Cyclohexyl-5-(1-hydroxybutyl)tetrazol	94–96 ^{k)}	57

a,c,j,k) s. Tab. 3.

*^{a)} Lit.¹¹⁾ 100–100,5°C.**^{c)} Lit.¹¹⁾ 91–92,5°C.

Acylierungen zu 9, 10 und 11 erfolgten mit Säurechloriden in Pyridin (**9a, b**) oder in Dioxan und Triäthylamin (**10c, d, e**); mit Isocyanaten in Benzol (**9c, d**), Dioxan (**10b, 11**) bzw. Methylchlorid (**10a**). Ergebnisse in Tab. 3.

Pyrolyse von 10a: 3,3 g **10a** löste man in 30 ml Methanol und kochte nach Zugabe von 30 ml 2 N HCl 20 min, engte zur Hälfte ein, filtrierte geringe Mengen 1,3-Diphenylharnstoff ab und extrahierte mit Äther. Aus der Ätherphase erhielt man nach Trocknen (Natriumsulfat) ein farbloses Öl, das nach Anreiben mit wenig Wasser im Kühlschrank kristallisierte. Ausb. 1,6 g (81%) *Hydrat des 1-Cyclohexyl-5-tetrazolcarbaldehyds (12)*, Schmp. 101–102°C (aus Tetrahydrofuran und Petroläther) [Lit.¹³⁾ 104–106°C], Schmp. des 2,4-Dinitrophenylhydrazons 239–240°C (aus Essigester), übereinstimmend mit Lit.¹³⁾.

Pyrolyse von 11 erfolgte durch mehrstdg. Rückflußerhitzen in Benzol. Die Lösung des durch Einengen i. Vak. gewonnenen Rückstands in 2 N HCl wurde mit Äther extrahiert. Aus der salzsauren Phase gewann man 33% *5-Aminomethyl-1-cyclohexyltetrazol(14)-hydrochlorid*, Schmp. 231°C (aus Äthanol), übereinstimmend mit Lit.¹¹⁾. Aus der Ätherphase wurden 33% **12** als 2,4-Dinitrophenylhydrazon isoliert (siehe Pyrolyse von **10a**).

Tris(1-cyclohexyl-5-tetrazolylmethyl)amin (13)

a) Zu einer Mischung von 10 mmol **14**·HCl in 50 ml Methanol, 20 mmol wäbr. Formaldehyd-Lösung, 20 mmol Natriumazid in 20 ml Wasser und 10 ml N HCl tropfte man unter Eiskühlung und Rühren 20 mmol Cyclohexylisocyanid in 20 ml Methanol, rührte 3 h weiter und ließ im Kühlschrank auskristallisieren; Ausb. 69%.

b) Zu einer Mischung von 50 mmol Ammoniumchlorid in 10 ml Wasser, 60 ml Methanol, 150 mmol wäbr. Formaldehyd-Lösung und 150 mmol Natriumazid in 40 ml Wasser tropfte man unter Eiskühlung und Rühren 150 mmol Cyclohexylisocyanid, rührte noch 6 h bei Raumtemp. und ließ im Kühlschrank auskristallisieren; Ausb. 2%. Schmp. 242–244°C (aus Äthanol).

C₂₄H₃₉N₁₃ (509.7) Ber. C 56.56 H 7.71 N 35.73 Gef. C 56.64 H 7.71 N 35.78

Ohne Zugabe von Natriumazid gewann man nach Vorschrift b) mit 43% Ausb. *Tris(cyclohexylcarbamoylmethyl)amin (15)*, Schmp. 171–174°C (aus Methanol).

C₂₄H₄₂N₄O₃ (434.6) Ber. C 66.32 H 9.74 N 12.89 Gef. C 66.74 H 9.84 N 13.12

Tab. 3. Dargestellte Verbindungen 9–11

	Schmp. (°C)	% Ausb.
9a 5-(Benzoyloxyethyl)-1-cyclohexyltetrazol	69–71 ^{c)}	60
9b 5-(1-Benzoyloxyäthyl)-1-cyclohexyltetrazol	94–96 ^{a)}	75
9c 1-Cyclohexyl-5-(phenylcarbamoyloxyethyl)tetrazol	138–140 ^{a)}	86
9d 1-Cyclohexyl-5-[(4-chlorphenyl)carbamoyloxyethyl]tetrazol	172–174 ^{b)}	74
10a 1-Cyclohexyl-5-[N-(phenylcarbamoyloxy)methylaminomethyl]tetrazol	*)	79
10b 1-Cyclohexyl-5-[N-(cyclohexylcarbamoyloxy)methylaminomethyl]tetrazol	105–106 ^{b)}	98
10c 5-[N-(Benzoyloxy)methylaminomethyl]-1-cyclohexyltetrazol	100 ^{c)}	89
10d 5-[N-(Acetoxyl)methylaminomethyl]-1-cyclohexyltetrazol	62–63 ^{a)}	98
10e 5-[N-(Acetoxyl)benzylaminomethyl]-1-cyclohexyltetrazol	98–100 ^{a)}	94
11 N,N-Bis(1-cyclohexyl-5-tetrazolylmethyl)-O-phenylcarbamoylhydroxylamin	122–124 ^{b)}	52

*) Öl, IR (CCl₄) 1755 cm⁻¹ (Ester).

Für Tab. 1–3: Umkristallisiert aus:

a) Methylchlorid/Petroläther.

b) Dioxan/Petroläther.

c) Benzol/Petroläther.

d) Methanol.

e) Benzol.

f) Äthanol.

g) Methylchlorid.

h) Äthanol/Petroläther.

i) Aceton/Petroläther.

k) Chloroform/Petroläther.

l) durch Auskristallisieren des öligen Rohprodukts bei –10° C.

Tab. 4. Analytische Daten zu Tab. 1–3

	Summenformel (Mol.-Masse)	C	H	N
1a	C ₉ H ₁₇ N ₅ O (211.3)	Ber. 51.15	8.11	33.15
		Gef. 50.67	8.24	32.95
1b	C ₁₀ H ₁₃ N ₅ O (219.3)	Ber. 54.78	5.98	31.94
		Gef. 54.84	6.00	31.77
1c	C ₁₀ H ₁₉ N ₅ O (225.3)	Ber. 53.31	8.50	31.08
		Gef. 53.43	8.58	31.11
1d	C ₁₁ H ₂₁ N ₅ O (239.3)	Ber. 55.21	8.84	29.26
		Gef. 55.49	8.70	29.20
1e	C ₁₁ H ₂₁ N ₅ O (239.3)	Ber. 55.21	8.84	29.26
		Gef. 55.21	8.58	29.24
1f	C ₁₂ H ₁₇ N ₅ O (247.3)	Ber. 58.28	6.93	28.32
		Gef. 58.12	6.96	28.04
1g	C ₁₄ H ₁₉ N ₅ O (273.3)	Ber. 61.25	7.00	25.62
		Gef. 61.18	7.03	25.60
1h	C ₁₄ H ₂₅ N ₅ O (279.4)	Ber. 60.02	9.02	25.07
		Gef. 59.66	8.92	25.01
1i	C ₁₅ H ₂₁ N ₅ O (287.4)	Ber. 62.70	7.36	24.37
		Gef. 62.69	7.28	24.49
1k	C ₁₅ H ₂₁ N ₅ O (287.4)	Ber. 62.70	7.36	24.37
		Gef. 62.63	7.28	24.43
1l	C ₁₅ H ₂₀ N ₆ O ₃ (332.4)	Ber. 54.21	6.06	25.29
		Gef. 54.58	5.70	25.00
1m	C ₂₁ H ₂₅ N ₅ O (363.5)	Ber. 69.40	6.93	19.24
		Gef. 69.61	7.14	19.34
3a	C ₁₆ H ₂₇ N ₉ O (361.5)	Ber. 53.16	7.53	34.88
		Gef. 53.04	7.21	35.12
3b	C ₈ H ₁₅ N ₉ O (253.3)	Ber. 37.93	5.97	49.73
		Gef. 37.99	5.85	50.33
3c	C ₁₇ H ₂₉ N ₉ O (375.5)	Ber. 54.38	7.78	33.57
		Gef. 54.18	7.69	33.06
3d	C ₁₈ H ₃₁ N ₉ O (389.5)	Ber. 55.48	8.02	32.36
		Gef. 55.66	8.02	32.36
4a	C ₁₄ H ₂₅ N ₅ O (279.4)	Ber. 60.19	9.02	25.07
		Gef. 59.91	8.98	25.18
4b	C ₁₉ H ₂₇ N ₅ O (341.5)	Ber. 66.83	7.99	20.51
		Gef. 67.06	7.96	20.83
4c	C ₂₀ H ₂₉ N ₅ O (355.5)	Ber. 67.58	8.22	19.70
		Gef. 68.01	8.17	19.78
4d	C ₂₁ H ₃₁ N ₅ O (369.5)	Ber. 68.26	8.45	18.95
		Gef. 68.71	8.14	18.81
4e	C ₂₆ H ₃₃ N ₅ O (431.6)	Ber. 72.36	7.71	16.23
		Gef. 72.28	7.74	16.37
4f	C ₂₀ H ₂₈ N ₆ O ₃ (400.5)	Ber. 59.98	7.04	20.98
		Gef. 60.36	6.99	20.98
5	C ₁₅ H ₂₆ N ₄ O (278.4)	Ber. 64.64	9.40	20.12
		Gef. 64.70	9.38	20.18
6	C ₁₅ H ₂₇ NO ₂ (253.4)	Ber. 71.10	10.74	5.35
		Gef. 70.45	10.25	5.58

Tab. 4 (Fortsetzung)

	Summenformel (Mol.-Masse)	C	H	N	
7a	C ₁₃ H ₂₂ N ₄ O (250.4)	Ber.	62.23	8.84	22.33
		Gef.	62.01	8.92	22.37
7b	C ₁₁ H ₂₀ N ₄ O (224.3)	Ber.	58.90	8.99	24.98
		Gef.	59.28	8.97	25.19
7c	C ₁₄ H ₁₈ N ₄ O (248.3)	Ber.	67.71	7.31	22.56
		Gef.	67.58	7.40	22.37
8a	C ₈ H ₁₄ N ₄ O (182.2)	Ber.	52.73	7.74	30.74
		Gef.	52.65	7.51	30.58
8b	C ₉ H ₁₆ N ₄ O (196.3)	Ber.	55.08	7.61	28.55
		Gef.	55.13	7.47	28.52
8c	C ₁₁ H ₂₀ N ₄ O (224.3)	Ber.	58.90	8.99	24.98
		Gef.	58.97	9.00	25.11
9a	C ₁₅ H ₁₈ N ₄ O ₂ (286.3)	Ber.	62.92	6.33	19.57
		Gef.	63.09	6.22	19.80
9b	C ₁₆ H ₂₀ N ₄ O ₂ (300.4)	Ber.	63.98	6.71	18.65
		Gef.	64.65	6.77	18.53
9c	C ₁₅ H ₁₉ N ₅ O ₂ (301.4)	Ber.	59.78	6.35	23.24
		Gef.	59.66	6.24	23.31
9d	C ₁₅ H ₁₈ ClN ₅ O ₂ (335.8)	Ber.	53.65	5.40	20.85
		Gef.	53.50	5.17	21.00
10b	C ₁₆ H ₂₈ N ₆ O ₂ (336.4)	Ber.	57.12	8.39	24.98
		Gef.	57.48	8.10	24.98
10c	C ₁₆ H ₂₁ N ₅ O ₂ (315.4)	Ber.	60.90	6.71	22.20
		Gef.	60.51	6.88	22.39
10d	C ₁₁ H ₁₉ N ₅ O ₂ (253.3)	Ber.	52.15	7.56	27.65
		Gef.	51.70	7.54	27.61
10e	C ₁₇ H ₂₃ N ₅ O ₂ (329.4)	Ber.	61.99	7.04	21.23
		Gef.	62.22	7.05	21.38
11	C ₂₃ H ₃₂ N ₁₀ O ₂ (480.6)	Ber.	57.48	6.71	29.14
		Gef.	57.46	6.68	28.99