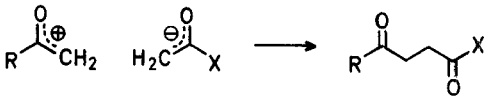
4-Oxoalkansäuren, Ester und Amide durch Addition der entsprechenden Enolate an 2-(*N*-Methylanilino)-acrylonitril

Hubertus AHLBRECHT*, Manfred DIETZ[1]

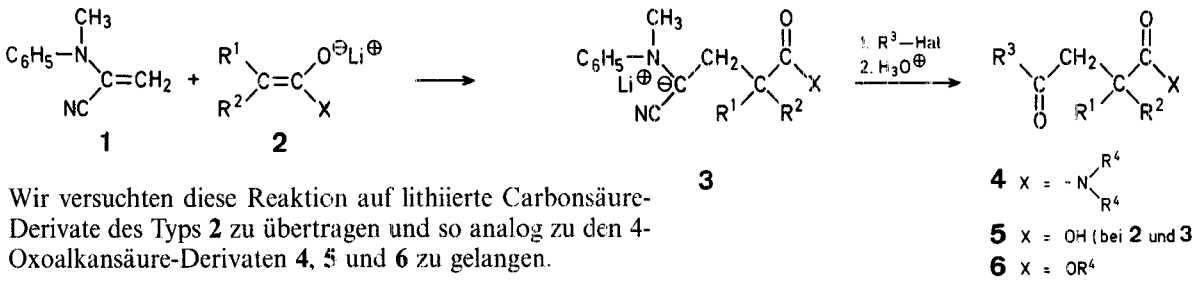
Fachbereich Chemie der Universität Gießen, Institut für Organische Chemie, Heinrich-Buff-Ring 58, D-6300 Gießen

4-Oxoalkansäuren und ihre Derivate sind wichtige Zwischenprodukte bei der Synthese einer Reihe von Verbindungsklassen, vor allem von Furanonen[2]. Für ihre Herstellung steht eine Vielzahl von Methoden zur Verfügung[3,4]. Eine naheliegende Möglichkeit, die α-Kupplung eines Ketons mit einem Carbonsäure-Derivat, ist dabei bisher erstaunlicherweise nur selten beschrieben worden[4-10,23]. Der Grund ist wohl in der für diesen Weg erforderlichen Umpolung der einen Carbonyl-Komponente zu suchen, benötigt man doch das Equivalent eines Enolium-Kations, um es mit einem Enolat umzusetzen. Dabei kann das angegebene Polaritätsmuster[4-8], aber auch das umgekehrte[9,10,23] verwendet werden.



Die gleiche Problematik tritt bei der Synthese von 4-Oxoketonen auf, für die wir kürzlich[11] eine einfache und vielseitige Lösung aufgezeigt haben. Sie besteht in der Michael-Addition eines Enolates oder besser Enaminates an 2-(*N*-Methylanilino)-acrylonitril **(1)**, Alkylierung des erhaltenen Adduktes vom Typ **3** und anschließender Hydrolyse der Aminonitril-Funktion.

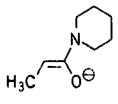
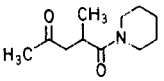
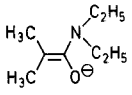
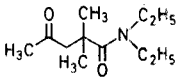
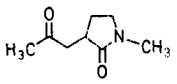
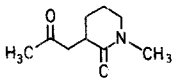
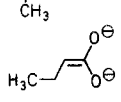
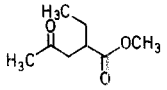
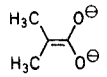
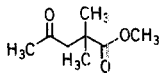
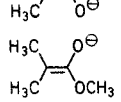
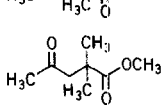
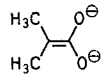
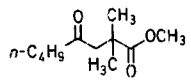
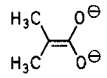
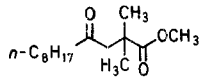
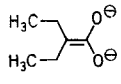
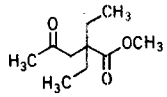
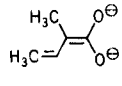
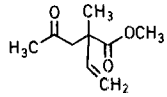
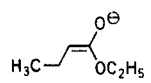
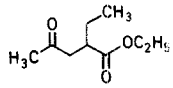
Heruntergeladen von: University of Illinois. Urheberrechtlich geschützt.



Wir versuchten diese Reaktion auf lithiierte Carbonsäure-Derivate des Typs **2** zu übertragen und so analog zu den 4-Oxoalkansäure-Derivaten **4**, **5** und **6** zu gelangen.

Erste Versuche[12] mit Derivaten der Essigsäure verliefen erfolglos. Weder Dilithioessigsäure[13], Lithioessigsäure-ethylester[14] noch Lithioessigsäure-dimethylamid[15] reagierten in der erwarteten Weise. Im Fall des Amid-Enolats konnten wir[1] die Ursache klären: wie bei Keton-Enolaten[11] erfolgt im Addukt **3** eine Umprotonierung zum offenbar nucleophile-

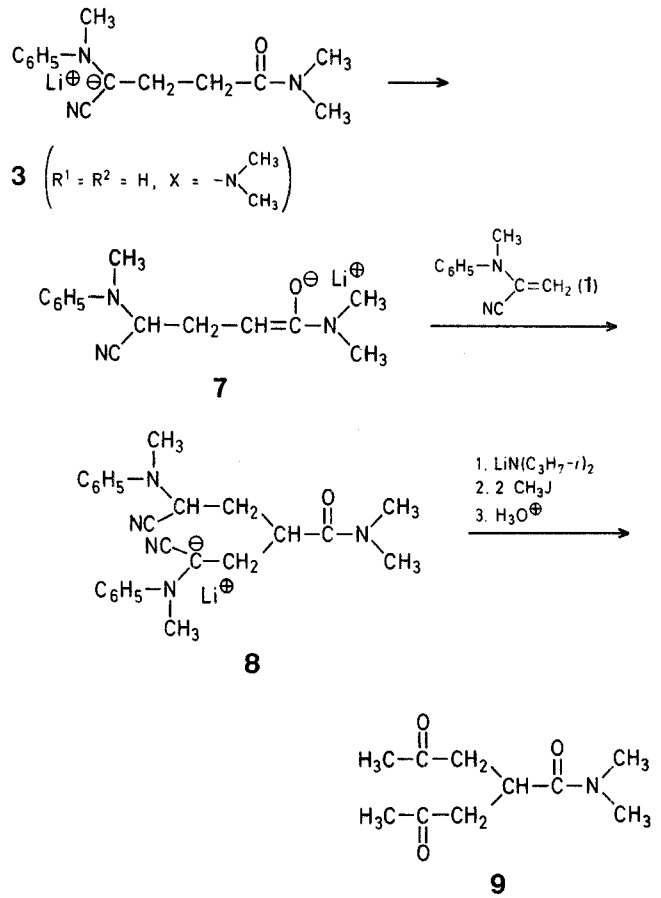
Tabelle 1. 4-Oxoalkansäure-Derivate durch Addition von Enolaten **2** an 2-(*N*-Methylanilino)-acrylonitril (**1**)

Enolat **2**	R^3–Hal	Produkt	Reaktionszeit/ Temperatur [°C]	Ausbeute [%]	Kp/torr[a] [°C]	Summenformel[b] bzw. Kp/torr aus Lit.
	CH_3J	**4a** 	1 h/0°[c]	76	75°/0.005	$C_{11}H_{19}NO_2$ (197.3)
	CH_3J	**4b** 	40 min/0°[c]	65	70°/0.005	85°/2[3]
	CH_3J	**4c** 	15 min/−15°	65	85°/0.05	$C_8H_{13}NO_2$ (155.2)
	CH_3J	**4d** 	30 min/−15°	56	85°/0.02	$C_9H_{15}NO_2$ (169.2)
	CH_3J	**6a** 	6h[d]/−78→0°	52	80°/15	82–85°/0.1[6]
	CH_3J	**6b** 	4h[d]/−78°→0°	70	80°/15	s. Ref.[19]
	CH_3J	**6b** 	45 min/−78°	79	80°/15	s. Ref.[19]
	n-C_4H_9 Br	**6c** 	4h[d]/−78°→0°	60	105°/14	$C_{11}H_{20}O_3$ (200.3)
	n-C_8H_{17} J	**6d** 	4h[d]/−78°→0°	47	70°/0.03	$C_{15}H_{28}O_3$ (256.4)
	CH_3J	**6e** 	4h[d]/−78°→0°	65	100°/14	$C_{10}H_{18}O_3$ (186.3)
	CH_3J	**6f** 	5h[d]/−78°→0°	59	85°/13	70°/2[4]
	CH_3J	**6g** 	45 min/−78°	44	80°/15	$C_9H_{16}O_3$ (172.2)

[a] Temperatur des Kugelrohrofens, nach Angaben der Hersteller etwa 20°C über der Siedetemperatur.
[b] Die Microanalysen stimmten mit den berechneten Werten gut überein: C, ±0.33; H, ±0.16; N, ±0.14. Ausnahmen: **4a** (C, −0.51), **4c** (N, −0.45), **6c** (C, −0.49). Die Analysen wurden mit einem Carlo-Erba-Analysator 1104 durchgeführt
[c] Aktivierung mit einem Equivalent HMPT.
[d] Nach dieser Zeit wurde das Reaktionsgemisch auf 0°C aufgewärmt.

Heruntergeladen von: University of Illinois. Urheberrechtlich geschützt.

ren Amid-Enolat **7**, das rascher als **2** mit einem weiteren Equivalent **1** zu **8** reagiert, denn nach Deprotonierung, Alkylierung und Hydrolyse erhält man das Amid **9**.



Damit war der Weg zur Herstellung der Verbindungen **4, 5, 6** gewiesen: durch Einführung von Substituenten R^1,R^2 mußte die Umprotonierung **3** → **7** erschwert oder unterbunden werden.

Mit lithiiertem Propanamid und 2-Methylpropanamid erhält man glatt die erwarteten 4-Oxoalkanamide **4a, b**. Die Reaktivität der deprotonierten Amide ist größer als diejenige deprotonierter Ketone: während erstere als HMPT-aktivierte Lithiumsalze schon bei 0 °C reagieren, müssen letztere bei Raumtemperatur umgesetzt werden[11]. Lactame sind noch reaktiver, die Addition erfolgt schon bei − 15 °C ohne Aktivierung. Dilithiierte Carbonsäuren lassen sich sogar bei − 78 °C umsetzen. Allerdings wird die Addition erst während des Aufwärmens auf 0 °C vervollständigt **(6a–e)**. Die so erhaltenen 4-Oxoalkansäuren **5** wurden nicht charakterisiert (sie cyclisieren bei der destillativen Reinigung partiell zu einem Gemisch der Furanone mit exo- und endocyclischer Doppelbindung[1,2]) sondern mit Natronlauge/Methyliodid in HMPT[16] in die Methylester **6** übergeführt.

Mit 2-Alkensäuren bilden sich unter Angriff an C-2 dekonjugierte Ester wie **6f**. Auch lithiierte Ester lassen sich mit ähnlichem Erfolg umsetzen **(6b, g)**.

Da uns bei der vorliegenden Untersuchung nur der Additionsschritt zu **3** interessierte, haben wir auf die Variation der Alkylierungs-Komponente R^3-Hal wenig Wert gelegt. Deprotonierte Aminonitrile vom Typ **3** lassen sich mit einer Vielzahl von Elektrophilen umsetzen[17,18]. Daher dürften sich mit unserer Methode nach dem Baukastenprinzip auch kompliziertere 4-Oxoalkansäure-Derivate auf einfache Weise aufbauen lassen.

4-Oxoalkanamide (4); allgemeine Arbeitsvorschrift:
In eine gerührte Lösung von Diisopropylamin (0.55 g, 5.5 mmol) in Tetrahydrofuran (10 ml) läßt man bei 0 °C unter Argon eine Lösung von Butyllithium (5.5 mmol) in Hexan (~ 3.5 ml) tropfen. Anschließend wird das Gemisch noch 20 min bei 0 °C gerührt. Dann gibt man das Carbonsäureamid bzw. Lactam (5 mmol) in Tetrahydrofuran (5 ml) bei 0 °C bzw. − 78 °C zu und läßt noch 15 min weiterrühren[15,20]. Anschließend wird unter den in Tabelle 1 angegebenen Bedingungen mit einer Lösung von 2-(*N*-Methylanilino)-acrylonitril (**1**; 0.79 g, 5 mmol) in Tetrahydrofuran (5 ml) umgesetzt. Danach wird Methyliodid (0.85 g, 6 mmol) zugegeben und das Gemisch weitere 30 min bei 0 °C gerührt. Nach Aufwärmen auf Raumtemperatur wird über Nacht mit 3-normaler Salzsäure (15 ml) hydrolysiert. Man trennt die organische Phase ab, extrahiert mit Dichloromethan (3 × 20 ml), trocknet mit Natriumsulfat, zieht das Solvens ab und destilliert den Rückstand im Vakuum (Kugelrohrofen). Bei der Herstellung der Verbindungen **4a** und **4b** muß vor der Hydrolyse zur Entfernung von HMPT in Ether (60 ml) aufgenommen und mit Wasser (2 × 10 ml) gewaschen werden. Der Ether wird wieder entfernt und die Substanz wie beschrieben in Tetrahydrofuran (20 ml) hydrolysiert.

4-Oxoalkansäuren (5); allgemeine Arbeitsvorschrift:
In eine gerührte Lösung von Diisopropylamin (2.2 g, 22 mmol) in Tetrahydrofuran (30 ml) läßt man bei 0 °C unter Argon eine Lösung von Butyllithium (22 mmol) in Hexan (~ 14 ml) tropfen. Anschließend wird das Gemisch noch 20 min bei 0 °C gerührt. Eine Lösung der gesättigten Carbonsäure (Vorstufe zu **2**; 10 mmol) in Tetrahydrofuran (10 ml) wird tropfenweise zugegeben und das Gemisch zunächst 15 min bei 0 °C und anschließend 60 min bei 45 °C weitergerührt[21]; 2-Alkensäuren (10 mmol) läßt man in Tetrahydrofuran (10 ml) jedoch bei − 78 °C zutropfen und rührt das Gemisch 30 min bei 0 °C[22]. Dann wird unter den in Tabelle 1 angegebenen Bedingungen mit einer Lösung von 2-(*N*-Methylanilino)-acrylonitril (**1**; 1.58 g, 10 mmol) in Tetrahydrofuran (10 ml) umgesetzt. Anschließend wird mit Methyliodid (1.7 g, 12 mmol) versetzt, auf Raumtemperatur aufgewärmt und über Nacht mit 3-normaler Salzsäure (30 ml) hydrolysiert. Bei Verwendung von 1-Bromobutan bzw. 1-Iodooctan als Alkylierungsmittel werden jeweils 20 mmol dieser Reagenzien zugesetzt und 30 h bei Raumtemperatur weitergerührt. Danach wird wie beschrieben hydrolysiert. Die organische Phase wird abgetrennt, die wäßrige Phase mit Natriumchlorid gesättigt, mit Ether (3 × 30 ml) extrahiert und das Solvens im Vakuum entfernt. Die so erhaltenen und nur spektroskopisch charakterisierten Rohprodukte werden mit Methyliodid/Natriumhydroxid/HMPT nach Lit.[16] in die entsprechenden Methylester **6a–f** übergeführt. Bei Verwendung von 1-Iodooctan als Alkylierungsmittel kann vor der Veresterung die Carbonsäure mittels Natronlauge von überschüssigem 1-Iodooctan abgetrennt werden.

4-Oxoalkansäure-ester 6b bzw. 6g:
Zu einer gerührten Lösung von Diisopropylamin (1.1 g, 11 mmol) in Tetrahydrofuran (20 ml) läßt man bei 0 °C unter Argon eine Lösung von Butyllithium (11 mmol) in Hexan (~ 7 ml) tropfen. Anschließend wird das Gemisch noch 20 min bei 0 °C gerührt. Dann kühlt man auf − 78 °C ab, gibt den Carbonsäure-ester (10 mmol) in Tetrahydrofuran (10 ml) tropfenweise zu und läßt 40 min bei − 78 °C weiterrühren[21]. Danach wird unter den in Tabelle 1 angegebenen Bedingungen mit einer Lösung von 2-(*N*-Methylanilino)-acrylonitril (**1**; 1.58 g, 10 mmol) in Tetrahydrofuran (5 ml) umgesetzt. Nach Zugabe von Methyliodid (1.7 g, 12 mmol) wird weitere 60 min bei − 78 °C gerührt, auf Raumtemperatur aufgewärmt und mit 3-normaler Salzsäure (20 ml) über Nacht hydrolysiert. Man trennt die organische Phase ab, extrahiert die wäßrige Phase mit Ether (3 × 25 ml), wäscht mit Wasser (10 ml), gesättigter Natriumhydrogencarbonat-Lösung (10 ml) und nochmals mit Wasser (10 ml) und trocknet mit Natriumsulfat. Anschließend wird das Lösungsmittel im Vakuum entfernt und das Produkt im Kugelrohrofen destilliert.

Heruntergeladen von: University of Illinois. Urheberrechtlich geschützt.

4-Oxo-2-(2-oxopropyl)-pentansäure-dimethylamid (9):
Zu einer gerührten Lösung von Diisopropylamin (0.55 g, 5.5 mmol) in Tetrahydrofuran (10 ml) läßt man bei 0 °C unter Argon eine Lösung von Butyllithium (5.5 mmol) in Hexan (~ 3.5 ml) tropfen. Anschließend wird das Gemisch noch 20 min bei 0 °C gerührt. Dann gibt man eine Lösung von *N,N*-Dimethylacetamid (0.44 g, 5 mmol) in Tetrahydrofuran (5 ml) zu und rührt weitere 15 min bei 0 °C. Danach wird Hexamethylphosphorsäure-triamid (HMPT; 1 ml) und anschließend eine Lösung von 2-(*N*-Methylanilino)-acrylonitril (**1**; 0.79 g, 5 mmol) in Tetrahydrofuran (5 ml) zugesetzt und das Gemisch 1 h bei 0 °C weitergerührt. Man kühlt auf −78 °C ab, gibt weiteres Lithium-diisopropylamid (5 mmol) in Tetrahydrofuran/Hexan (~ 3/1; 15 ml) zu, rührt 1 h und versetzt mit Methyliodid (1.42 g, 10 mmol). Nach weiteren 15 min bei −78 °C wird auf Raumtemperatur aufgewärmt und wie oben beschrieben weiter verfahren; Ausbeute: 0.3 g (30%) schwach gelbe Flüssigkeit; Kp: 80 °C/0.001 torr.

$C_{10}H_{17}NO_3$ (199.25) ber. C 60.28 H 8.60 N 7.03; gef. 60.26 8.66 7.02

^{1}H-N.M.R. ($CDCl_3/TMS_{int}$): δ = 2.14 (s, CO—CH_3); 2.3–3.1 (d/AB-q), CO—CH_2); 2.93, 3.20 (s, N—CH_3); 3.59 ppm (m, CH).

^{13}C-N.M.R. ($CDCl_3/TMS_{int}$): δ = 29.9 (q, CO—CH_3); 31.5 (d, CH); 35.7, 37.5 (q, N—CH_3); 45.6 (t, CO—CH_2); 174.5 (s, CON); 206.5 ppm (s, CO).

Tabelle 2. N.M.R.-Spektren der Verbindungen **4** und **6**

Verbindung	^{1}H-N.M.R. ($CDCl_3/TMS_{int}$)[a] δ [ppm]	^{13}C-N.M.R. ($CDCl_3/TMS_{int}$)[b] δ [ppm]
4a	1.08 (d, 3H, CH_3, J = 7 Hz); 1.61 (br. s, 6H, CH_2); 2.16 (s, 3H, CO—CH_3); 2.2–3.8 (m, 7H, CH_2 + CH)	17.6 (q, CH_3); 24.8, 25.8, 26.6 (t, CH_2); 30.1 (q, CO—CH_3); 31.1 (d, CH); 43.1, 46.8 (t, N—CH_2); 47.5 (t, CO—CH_2); 173.8 (s, CO—N); 207.4 (s, CO)
4b	1.16 (t, 6H, CH_2—CH_3, J = 7 Hz); 1.46 (s, 6H, CH_3); 2.18 (s, 3H, CO—CH_3); 2.68 (s, 2H, CO—CH_2); 3.36 (q, 4H, N—CH_2, J = 7 Hz)	13.4 (q, CH_2—CH_3); 26.6 (q, CH_3); 31.1 (q, CO—CH_3); 41.8 (t, N—CH_2); 42.7 (s, C); 55.8 (t, CO—CH_2); 175.4 (s, CO—N); 207.3 (s, CO)
4c	2.18 (s, CO—CH_3); 2.85 (s, N—CH_3); 1.1–3.5 (m, CH_2 + CH)	25.5 (t, CH_2); 29.8, 30.0 (q, N—CH_3 + CO—CH_3); 37.6 (d, CH); 45.2 (t, N—CH_2); 47.7 (t, CO—CH_2); 175.6 (s, CO—N); 206.7 (s, CO)
4d	2.18 (s, CO—CH_3); 2.93 (s, N—CH_3); 1.1–3.6 (m, CH_2 + CH)	22.5, 27.5 (t, CH_2); 30.2 (q, CO—CH_3); 34.8 (q, N—CH_3); 38.2 (d, CH); 45.4 (t, N—CH_2); 50.1 (t, CO—CH_2); 171.7 (s, CO—N); 206.4 (s, CO)
6a	0.87 (t, 3H, CH_3, J = 7.5 Hz); 1.4–1.8 (m, 2H, CH_2); 2.1 (s, 3H, CO—CH_3); 2.3–3.1 (m, 3H, CO—CH_2 + CH); 3.57 (s, 3H, OCH_3)	11.4 (q, CH_3); 25.1 (t, CH_2); 30.0 (q, CO—CH_3); 41.6 (d, CH); 44.7 (t, CO—CH_2); 51.6 (q, OCH_3); 175.7 (s, CO—OCH_3); 206.6 (s, CO)
6b	1.23 (s, 6H, CH_3); 2.05 (s, 3H, CO—CH_3); 2.68 (s, 2H, CO—CH_2); 3.61 (s, 3H, OCH_3)	25.6 (CH_3); 30.4 (CO—CH_3); 40.1 (C); 51.8 (OCH_3); 53.2 (CO—CH_2); 177.6 (CO—OCH_3); 206.0 (CO)
6c	0.9 (t, 3H, CH_2—CH_3, J_1 = 6.5 Hz); 1.22, 1.2–1.8 (s, m, insgesamt 10H, CH_3 + CH_2); 2.32 (t, 2H, CO—CH_2, J_2 = 7 Hz); 2.74 (s, 2H, CO—CH_2); 3.68 (s, 3H, OCH_3)	13.8 (q, CH_2—CH_3); 22.3 (t, CH_2); 25.6 (q, CH_3); 25.9 (t, CH_2); 40.1 (s, C); 42.9 (t, CO—CH_2); 51.7 (q, OCH_3); 52.4 (t, CO—CH_2); 177.6 (s, CO—OCH_3); 208.5 (s, CO)
6d	0.6–1.0 (m, 3H, CH_2—CH_3); 1.16, 1.22 + 1.1–1.7 (2s, m, insgesamt 18H, CH_3 + CH_2); 2.29 (t, 2H, CO—CH_2); 2.64 (s, 2H, CO—CH_2); 3.56 (s, 3H, OCH_3)	14.1 (q, CH_2—CH_3); 22.7, 23.8 (t, CH_2); 25.6 (q, CH_3); 29.2, 29.4, 31.9 (t, CH_2); 40.1 (s, C); 43.3 (t, CO—CH_2); 51.8 (q, OCH_3); 52.4 (t, CO—CH_2); 177.6 (s, CO—OCH_3); 208.5 (s, CO)
6e	0.76 (t, 6H, CH_3, J = 7.5 Hz); 1.66 (q, 4H, CH_2, J = 7.5 Hz); 2.06 (s, 3H, CO—CH_3); 2.7 (s, 2H, CO—CH_2); 3.57 (s, 3H, OCH_3)	8.4 (q, CH_3); 26.8 (t, CH_2); 30.6 (q, CO—CH_3); 47.2 (t, CO—CH_2); 47.8 (s, C); 51.6 (q, OCH_3); 176.7 (s, CO—OCH_3); 206.4 (s, CO)
6f	1.32 (s, 3H, CH_3); 2.07 (s, 3H, CO—CH_3); 2.75, 2.97 (AB-System, 2H, CO—CH_2, J_{AB} = 18 Hz); 3.6 (s, 3H, OCH_3); 5.04 (AB-Teil des ABX-Systems, 2H, =CH_2, J_{AX} = 17.5 Hz, J_{BX} = 10.5 Hz, J_{AB} = 0 Hz); 6.0 (X-Teil des ABX-Systems, 1H =CH, $J_{AX} + J_{BX}$ = 28 Hz)	21.9 (q, CH_3); 30.2 (q, CO—CH_3); 46.2 (s, C); 51.8 (t, CO—CH_2); 52.0 (q, OCH_3); 113.6 (t, =CH_2); 141.2 (d, =CH); 175.2 (s, CO—OCH_3); 205.3 (s, CO)
6g	0.88 (t, 3H, CH_3, J_1 = 7.5 Hz); 1.21 (t, 3H, O—CH_2—CH_3, J_2 = 6.5 Hz); 1.3–1.9 (m, 2H, CH_2); 2.10 (s, 3H, CO—CH_3); 2.2–3.0 (m, 3H, CO—CH_2 + CH); 4.04 (q, 2H, O—CH_2, J_2 = 6.5 Hz)	11.4 (q, CH_3); 14.3 (q, O—CH_2—CH_3); 25.1 (t, CH_2); 30.0 (q, CO—CH_3); 41.7 (d, CH); 44.7 (t, CO—CH_2); 60.4 (t, O—CH_2); 175.1 (s, CO—OC_2H_5); 206.5 (s, CO)

[a] Gemessen bei 100 MHz mit einem Jeol JNM-MH-100-Spektrometer.

[b] Gemessen bei 20 bzw. 25.16 MHz mit einem Varian CFT-20- bzw. XL-100-Spektrometer. Die angegebenen Multiplizitäten beziehen sich auf „off-resonance"-Spektren.

Wir danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft und dem Fonds der Chemischen Industrie für finanzielle Unterstützung.

Eingang: 8. Juni 1984

* Korrespondenz-Adresse.

1 Dietz, M., *Dissertation*, Universität Gießen, in Vorbereitung.
2 Rao, Y.S. *Chem. Rev.* **1964**, *64*, 353 und dort zitierte Literatur; **1976**, *76*, 625.
3 Tischchenko, I.G., Kulinkovich, O.G., Masalov, N.V., *Synthesis* **1982**, 268, und dort zitierte Literatur.
4 Miyashita, M., Kumazawa, T., Yoshikoshi, A., *Chem. Lett.* **1980**, 1043.
Miyashita, M., Yanami, T., Kumazawa, T., Yoshikoshi, A., *J. Am. Chem. Soc.* **1984**, *106*, 2149, und dort zitierte Literatur.
5 Herrmann, J.L., Kieczykowski, G.R., Romanet, R.F., Schlessinger, R.H., *Tetrahedron Lett.* **1973**, 4715.
6 Jacobson, R.M., Raths, R.A., McDonald, J.H., *J. Org. Chem.* **1977**, *42*, 2545.
7 Severin, T., Lerche, H., *Synthesis* **1982**, 305.

Heruntergeladen von: University of Illinois. Urheberrechtlich geschützt.

[8] Miyashita, M., Yamaguchi, R., Yoshikoshi, A., *Chem. Lett.* **1982**, 1505.
[9] Lee, T.V., Okonkwo, J.O., *Tetrahedron Lett.* **1983**, *24*, 323.
[10] Fleming, I., Iqbal, J., *Tetrahedron Lett.* **1983**, *24*, 327.
[11] Ahlbrecht, H., Pfaff, K., *Synthesis* **1980**, 413.
[12] Schön, C., *Diplomarbeit*, Universität Gießen, 1981.
[13] Creger, P.L., *J. Org. Chem.* **1972**, *37* 1907.
[14] Rathke, M.W., *J. Am. Chem. Soc.* **1970**, *92*, 3222.
[15] Woodbury, R.P., Rathke, M.W., *J. Org. Chem.* **1982**, *42*, 1688.
[16] Shaw, J.E., Kunerth, D.C., Sherry, J.J., *Tetrahedron Lett.* **1973**, 689.
[17] Enders, D., Lotter, H., *Tetrahedron Lett.* **1982**, *23*, 639, und dort zitierte Literatur.
[18] Ahlbrecht, H., Kompter, H.M., *Synthesis* **1983**, 645.
[19] Brunet, J., Paquer, D., Rioult, P., *Phosphorus Sulfur* **1977**, *3*, 377; *C.A.* **1978**, *88*, 169861.
[20] Trost, B.M., Kunz, R.A. *J. Org. Chem.* **1974**, *39*, 2475.
[21] Petragnani, N., Yonashiro, M., *Synthesis* **1980**, 710.
[22] Katzenellenbogen, J.A., Crumrine, A.L., *J. Am. Chem. Soc.* **1976**, *98*, 4925.
[23] Kunkel, E., Reichelt, I., Reißig, H.-U., *Liebigs Ann. Chem.* **1984**, 802.

Heruntergeladen von: University of Illinois. Urheberrechtlich geschützt.