

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
(1)	R = H	R = CH ₃	R = CH ₂ —CH ₂ —C ₆ H ₄ —OCH ₃ (m)	R = CH ₂ —CH ₂ —COOCH ₃	
(2)	R ¹ = CH ₃	R ¹ = C ₂ H ₅			
(3)	R = H R ¹ = CH ₃	R = H R ¹ = C ₂ H ₅	R = CH ₃ R ¹ = CH ₃	R = CH ₂ —CH ₂ —C ₆ H ₄ —OCH ₃ (m) R ¹ = CH ₃	R = CH ₂ —CH ₂ —COOCH ₃ R ¹ = CH ₃
(4)	R = H R ¹ = CH ₃	R = H R ¹ = C ₂ H ₅	R = CH ₃ R ¹ = CH ₃	R = CH ₂ —CH ₂ —C ₆ H ₄ —OCH ₃ (m) R ¹ = CH ₃	R = CH ₂ —CH ₂ —COOCH ₃ R ¹ = CH ₃
(5)	R ¹ = CH ₃	R ¹ = n-C ₄ H ₉			
(6)	R = H R ¹ = CH ₃	R = H R ¹ = n-C ₄ H ₉			
(7)	R = H R ¹ = CH ₃	R = H R ¹ = n-C ₄ H ₉			

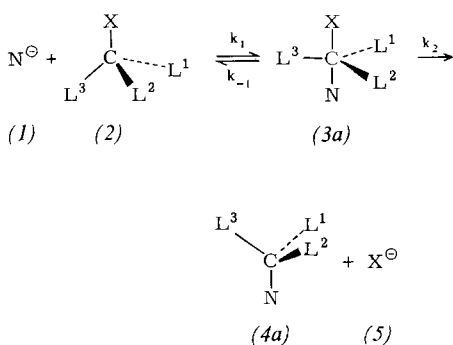
und 15 ml 1 N HClO₄ versetzt und 22 Stunden unter Rückfluß erhitzt. Die abgekühlte Reaktionsmischung wurde mit gesättigter Kochsalzlösung verdünnt. Das Rohprodukt wurde im Hochvakuum abdestilliert. Ausbeute: 7.81 g (4a), K_p=97 bis 100°C/0.01 Torr, [α]_D^{RT} = +303° (1% in Benzol). Durch Kristallisation ließen sich 5.9 g optisch reines (4a) erhalten, F_p=65 bis 66.5°C, [α]_D^{RT} = +362° (1% in Benzol)^[2, 7].

Eingegangen am 22. März 1971 [Z 400]

Die mechanistischen Grenzfälle der nucleophilen aliphatischen Substitution aus neuer Sicht

Von Paul Gillespie und Ivar Ugi^[*]

Die von Ingold und seiner Schule^[1] entwickelten mechanistischen Vorstellungen über aliphatische nucleophile Substitutionsreaktionen gehören seit drei Jahrzehnten zum grundlegenden Lehrbuchwissen des Chemikers und erfüllen bisher ihren Zweck. Diese Gedanken dienten als Basis für mechanistische Überlegungen und gestatteten es, viele Reaktionen zu deuten oder ihren Verlauf vorauszusagen. Die Zwischenstufenrolle von Carbonium-Ionen^[2]



Schema 1. N = Nucleophil, L = Ligand.

mit trikoordiniertem Kohlenstoffatom beim S_N1-Grenzmechanismus, einem Eliminierungs-Additions-Mechanismus, dürfte sichergestellt sein. Hingegen steht die Antwort auf die Frage nach dem Wesen der pentakoordinierten Spezies, die bei S_N2- und S_Ni-Grenzmechanismen durchlaufen werden, noch aus^[3-10].

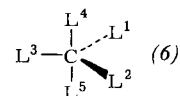
[*] P. Gillespie, M. A. und Prof. Dr. I. Ugi
Department of Chemistry
University of Southern California
Los Angeles, Calif. 90007 (USA)

Die experimentellen Befunde, auf die sich die gegenwärtig akzeptierten Vorstellungen über den Ablauf von S_N2-Reaktionen stützen, sind kinetischer und stereochemischer Art^[1, 5, 6, 11]. Die beobachtete Reaktionskinetik zweiter Ordnung lehrt, daß beide Reaktionsteilnehmer (1) und (2) an der Bildung des die Reaktionsgeschwindigkeit bestimmenden Übergangszustandes partizipieren; der wohl bekannte sterische Ablauf (Waldensche Umkehrung) solcher Umsetzungen führte zur Annahme, daß ein Übergangszustand (3) mit trigonal-bipyramidaler Anordnung und apikalen ein- und austretenden Gruppen maßgebend ist (Schema 1)^[11, 12].

Die Annahme, (3) könne nur Übergangszustand und nicht Zwischenstufe sein, beruht lediglich auf der Abneigung, sich – entgegen der Gewohnheit – vorzustellen, daß eine Spezies mit pentakoordiniertem Kohlenstoffatom stabil genug sein könnte, um als Zwischenstufe aufzutreten^[1, 11]. Indes ist auch mehrfach darauf hingewiesen worden, daß Zwischenstufen, die lokalen Minima von Potentialflächen entsprechen, bei S_N2-Reaktionen eine Rolle spielen könnten^[2b, 4-6]. In den letzten Jahren wurden einige relativ stabile Spezies wie CH₅⁺^[2], CCl₅⁺^[13] und CBr₅⁺^[14] beschrieben, und ihre Existenzfähigkeit ist geeignet, die Berechtigung des Vorurteils gegen Zwischenstufen mit pentakoordiniertem Kohlenstoffatom in Frage zu stellen, zumal auch aus Arbeiten über die Stabilität von H—CH₃—H⁺^[7-10] und F—CH₃—F⁺^[9] hervorgeht, daß solche Systeme aus quantenmechanischer Sicht möglich erscheinen.

Neuere eigene experimentelle und theoretische Untersuchungen über pentakoordinierte Moleküle^[15] veranlaßten uns, die mechanistischen Vorstellungen, die der Deutung nucleophiler Substitutionen zugrundeliegen, erneut zu analysieren und zu diskutieren.

Tabelle 1 enthält Bindungsenergie(BE)-Daten pentakoordinierter Kohlenstoff-Verbindungen mit einem trigonal-bipyramidalen Bindungssystem (6), welche nach dem CNDO/2-Näherungsverfahren^[16] errechnet wurden.



Die Abhängigkeit der Bindungsenergie der „Walden-Spezies“ (6a) vom C—F-Abstand zeigt, daß jegliche Verdrückung der F-Liganden aus der Gleichgewichtslage zu einer Erhöhung der Energie führt [vgl. (6a₁)–(6a₂)], d. h. (6a) entspricht einem lokalen Minimum der Potentialfläche und ist somit definitionsgemäß Zwischenstufe und nicht Übergangszustand. Gleiches trifft für die übrigen in Tabelle 1 angegebenen Spezies (6b)–(6k) zu. Die dem CNDO/2-Verfahren eigenen Vereinfachungen und die

Vernachlässigung der Nullpunktsenergien wirkt sich bei der grundsätzlichen Feststellung der Zwischenstufen-Natur von (6) nicht kritisch aus und wohl auch nicht beim

Tabelle 1. Bindungsenergie(BE)-Daten von Walden-Spezies und ihren Permutations-Isomeren [16].

Verb.	Liganden und Bindungslängen C—L(L ¹ —L ⁵) Å						BE (kcal/mol)
	äquatorial			apikal			
(6a)	H	H	H	F	F		−969.4
	1.160	1.160	1.160	1.440	1.440		
(6a ₁)	H	H	H	F	F		−967.9
	1.160	1.160	1.160	1.450	1.450		
(6a ₂)	H	H	H	F	F		−968.9
	1.160	1.160	1.160	1.430	1.430		
(6a ₃)	H	H	H	F	F		−969.2
	1.160	1.160	1.160	1.450	1.430		
(6a ₄)	H	H	H	F	F		−967.5
	1.160	1.160	1.160	1.470	1.420		
(6b)	H	H	F	H	F		−993.8
	1.150	1.150	1.380	1.170	1.410		
(6c ₁)	H	F	F	H	H		−989.0
	1.150	1.380	1.380	1.200	1.200		
(6d ₁)	H	H	H	OH	F		−1137.9
	1.160	1.160	1.160	1.460	1.440		
(6e ₁)	H	H	OH	H	F		−1167.8
	1.150	1.150	1.400	1.170	1.440		
(6f)	H	H	F	H	OH		−1160.9
	1.150	1.150	1.410	1.170	1.440		
(6g)	H	OH	F	H	H		−1164.6
	1.150	1.405	1.380	1.200	1.200		
(6h)	H	H	H	CN	F		−1632.9
	1.170	1.170	1.170	1.500	1.450		
(6i)	H	H	CN	H	F		−1662.9
	1.150	1.150	1.470	1.170	1.450		
(6j)	H	H	F	H	CN		−1652.1
	1.150	1.150	1.400	1.170	1.480		
(6k)	H	CN	F	H	H		−1663.4
	1.150	1.450	1.390	1.200	1.200		

qualitativen Vergleich der Bindungsenergien von Permutations-Isomeren (s. u.). *Berthier, David* und *Veillard*^[9a] fanden, daß die Energie der „Walden-Spezies“ (6a) niedriger ist als die von CH₃F + F[⊖], was wohl auf die Vernachlässigung der Nullpunktsenergie-Differenz^[17] von (6a) und den letztgenannten Ausgangs-Spezies zurückzuführen ist; Nullpunktsenergie-Differenzen von Spezies, die sich nicht bezüglich des Ligandensatzes und des Bindungssystems entsprechen, können erheblich sein. Aus dem Vergleich der Bindungsenergien von (6a)–(6c), (6d)–(6g) und (6h)–(6k) geht hervor, daß die Polaritätsregel^[15c] für die vorliegenden Ergebnisse nicht gilt^[*]; das Gegenteil trifft zu, weil hier die Liganden mehr Elektronendichte tragen müssen als im Falle neutraler Spezies, wobei die H-Liganden einen Großteil des Überschusses an negativer Ladung übernehmen müssen, da das F[⊖] bereits mit einer vollen Minusladung eintritt. Das hat zur Folge, daß die stark negativierten Wasserstoffatome vorzugsweise apikale Positionen einnehmen, um möglichst weit voneinander entfernt zu sein. Da bei unseren Rechnungen d-Orbitale nicht in den Basissatz aufgenommen wurden, können die Liganden hier keine Elektronendichte an das Zentralatom C abgeben. Dies ist maßgebend für die relativen Stabilitäten

[*] Anmerkung bei der Korrektur (28. Mai 1971):

Die Polaritätsregel [15c] scheint nur für Systeme mit erheblicher d-Orbital-Beteiligung zu gelten. Der Vergleich von BE-Daten der Isomeren von PH₃F₂ und PH₂F₃, die einmal mit und einmal ohne Verwendung von d-Orbitalen im Basissatz berechnet wurden, veranlaßten uns zu der obigen Feststellung. Die unter Mitverwendung von d-Orbitalen errechneten BE-Daten stehen im Einklang mit der Polaritätsregel, während die unter Weglassung der d-Orbitale berechneten BE-Daten nicht der Polaritätsregel entsprechen; hier scheinen Unterschiede in der Hybridisierung der Orbital-Systeme sich entscheidend auf die bevorzugte Verteilung der Liganden auf die Gerüstplätze auszuwirken.

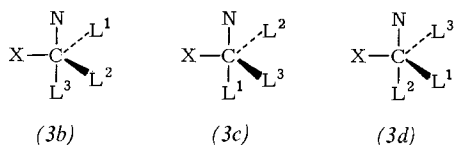
Tabelle 2. Bindungsordnungen, β-Werte und Valenzelektronen-Verteilungen von (6a) und (6b). Die Diagonalelemente von C sind Orbital-Besetzungen. Die kursivgedruckten Eintragungen sind Bindungsordnungen, während die Zahlen darüber Rumpfergie-Terme bedeuten, deren negative Produkte mit den Bindungsordnungen den Energiebeiträgen der jeweiligen Orbitale entsprechen. Die z-Achse liegt apikal und die x-Achse in der äquatorialen Ebene mit CH (13) in der +x-Richtung.

Orbitale	(6a)				(6b)				(6a)	(6b)
	1	2	3	4	1	2	3	4	Σe [−]	Σe [−]
1 C2s	0.9784				0.9533				3.4842	3.3870
2 C2p _x		0.8920				0.8528				
3 C2p _y			0.8920				0.7847			
4 C2p _z				0.7218				0.7962		
5 F2s	−0.2462			−0.3477	−0.2594			−0.3638	7.5006	7.4406
	0.1187			0.3247	−0.1596			0.3381		
6 F2p _x		−0.1162				−0.1245				
		0.1245				0.1326				
7 F2p _y			−0.1162				−0.1245		7.5006	7.3425
			0.1245				0.1479			
8 F2p _z	0.2092			0.2694	0.2179			0.2768		
	−0.3142			−0.5965	−0.3552			−0.6153		
9 F2s				0.3477	−0.2731	0.1901	0.3292		7.5006	7.3425
				−0.3247	0.1762	−0.1916	−0.3319			
10 F2p _x		−0.1162			−0.1133		0.1806			
		0.1245			0.1803		−0.3733			
11 F2p _y			−0.1162		−0.1963	0.1806	0.1794		7.5006	7.3425
			0.1245		0.3123	−0.3733	−0.4735			
12 F2p _z	−0.2092			0.2694				−0.1333		
	0.3144			−0.5965				0.1288		
13 H1s	−0.2648	−0.2570			−0.2678	−0.2588			1.1715	1.2225
	0.5078	0.7989			0.4764	0.7826				
14 H1s	−0.2648	0.1285	−0.2225		−0.2678	0.1294	−0.2241		1.1715	1.2225
	0.5078	−0.3994	0.6919		0.4764	−0.4059	0.6693			
15 H1s	−0.2648	0.1285	0.2225		−0.2618			0.2551	1.1715	1.3849
	0.5078	−0.3994	−0.6919		0.4676			−0.6650		

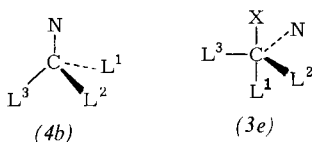
der Permutations-Isomeren im trigonal-bipyramidalen System und wichtig für das Verständnis der bimolekularen S_N -Mechanismen.

Es gibt zwei Arten von bimolekularen S_N -Grenzmechanismen am gesättigten C-Atom, die über pentakoordinierte trigonal-bipyramidale Zwischenstufen als Additions-Eliminierungs-Prozesse verlaufen, bei denen die Koordinationszahl des Kohlenstoffs sich gemäß $4 \rightarrow 5 \rightarrow 4$ ändert. Bei beiden mechanistischen Typen findet die Anlagerung des Nucleophils N an die tetrakoordinierte Spezies jeweils an einer der vier „Tetraederflächen“ statt [s. (3a)–(3d)], was die Gruppe N in eine apikale Position bringt. Das System zerfällt, indem sich die Austrittsgruppe von einer apikalen Position aus entfernt, so daß die äquatorialen Liganden der trigonalen Bipyramide eine „Tetraederfläche“ bilden. Kürzlich wurde die zwingende Notwendigkeit *apikalen Ein- und Austritts* von Eschenmoser et al.^[18] durch ein elegantes Experiment bestätigt, bei dem gezeigt werden konnte, daß S_N -Prozesse über pentakoordinierte Spezies unterbleiben, wenn die sterischen Voraussetzungen für apikalen Ein- und Austritt nicht gegeben sind. Dieses Ergebnis ist in Einklang mit den hier und früher^[15] mitgeteilten Vorstellungen, insbesondere über das unterschiedliche Verhalten trigonal-bipyramidaler Spezies mit drei- bis fünfgliedrigen oder mit sechsgliedrigen Ringen.

Schema 1 erläutert einen Prozeß, der dem klassischen S_N2 -Mechanismus entspricht, allerdings mit dem Unterschied, daß (3) hier *Zwischenstufe* und nicht *Übergangszustand* ist. Da Verbindungen mit den elektronegativeren Liganden in den äquatorialen Positionen der trigonalen Bipyramide energetisch bevorzugt sind, muß die Bildung von (4) nicht nur aus (3a), sondern auch aus (3b)–(3d) in Betracht gezogen werden.



Die Bildung dieser Zwischenstufen kann im Vergleich zu (3a) bevorzugt sein, jedoch führt sie nicht zu einem direkten Substitutionsprozeß, es sei denn, einer der Liganden L^1 bis L^3 kann als Austritts-Gruppe fungieren; die Zwischenstufen (3b)–(3d) können die Gruppe X nur nach einem Umordnungsprozeß zu einer Spezies mit apikalem X durch einen BPR- oder TR-Prozeß^[15] eliminieren (BPR = Berry-Pseudorotation, TR = Turnstile-Rotation). BPR- und einfache TR-Prozesse wandeln (3b)–(3d) ausschließlich in solche trigonal-bipyramidalen Moleküle um, die durch apikalen Austritt von X in (4b) übergehen, d. h. der S_N -Prozeß findet hier unter Retention statt (entsprechend dem S_{Ni} -Prozeß).



Doppel-TR-Prozesse an (3b)–(3d) führen nach Zerfall der umgeordneten trigonal-bipyramidalen Zwischenstufe zum Inversions-Produkt (4a), falls N und X gleichzeitig am Liganden-Tripel des Doppel-TR-Prozesses partizipieren: In allen anderen Fällen resultiert ebenfalls Retention. Weiterhin kann auch (3a) BPR- und einfachen oder mul-

tiplen TR-Prozessen unterliegen und (4a) oder (4b) ergeben, z. B. über (3e).

Wir nehmen an, daß die generell beobachtete Konfigurations-Inversion bei S_N2 -Prozessen darauf zurückzuführen ist, daß jene Umordnungsprozesse, welche für die retentiven bimolekularen S_N -Prozesse erforderlich sind, von energiearmen zu energiereichen trigonal-bipyramidalen Spezies führen und in der Regel mit so hohen Energiebarrieren behaftet sind, daß die genannten Umordnungsprozesse langsamer ablaufen als der jeweilige Austritt eines apikalen Liganden.

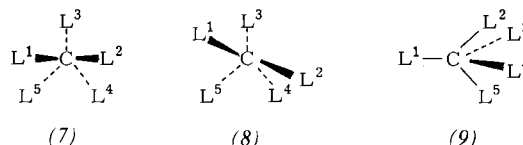


Tabelle 3. Bindungsenergie(BE)-Daten denkbarer Barrieren-Modelle für Umordnungsprozesse von trigonal-bipyramidalem $CH_3F_2^+$ (Zahlen unter den Formeln in kcal/mol) vom Typ (3a) \rightleftharpoons (3b) und (3b) \rightleftharpoons (3c).

Verb.	L^1	L^2	L^3	L^4	L^5	$\angle L^1-C-L^2$ (°)	$\angle L^3-C-L^5$ (°)
(7)	H	F	F	H	H	85	95
(8)	1.17	1.41	1.40	1.16	1.16	85	95
(9)	1.17	1.41	1.41	1.16	1.16	105	86

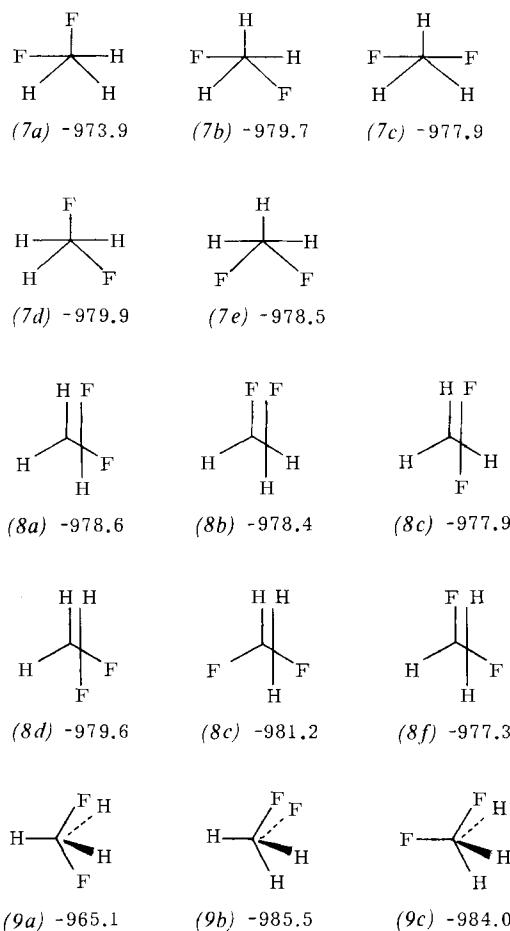
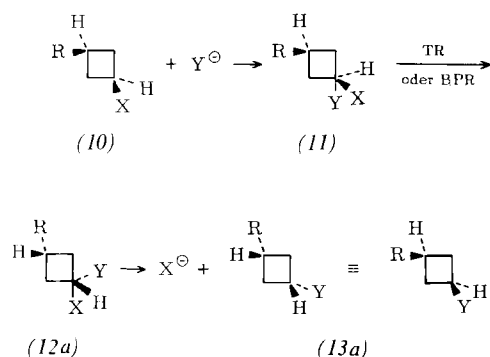


Tabelle 3 enthält Bindungsenergien einiger BPR- und TR-Barrieren-Modelle für (3a) \rightleftharpoons (3b) und (3b) \rightleftharpoons (3c). Man ersieht aus dem Vergleich der Daten der Tabellen 1 und 3, daß die Barrieren für die Umordnungsprozesse in der Regel

in der Größenordnung von 10 kcal/mol liegen und erheblich niedriger sind als man aufgrund der Ergebnisse anderer Autoren erwarten würde^[7, 8].

Da in pentakoordinierten trigonal-bipyramidalen Molekülen diäquatoriale drei- bis fünfgliedrige Ringe erheblich gespannter sind als ihre Isomeren mit apikal-äquatorialen Ringen^[15c], ist bei apikalem Ein- und Austritt zu erwarten, daß bimolekulare nucleophile Substitutionen an drei- bis fünfgliedrigen cyclischen Systemen nicht unter ausschließlicher Inversion, sondern unter überwiegender Retention verlaufen.

Wenn z. B. das Cyclobutan-Derivat (10) einer nucleophilen Substitution unterworfen wird – unter Bedingungen, die bimolekulare Prozesse bevorzugen gegenüber S_N1-Reaktionen, welche hier zu nachweisbaren Carbonium-Umlagerungen führen würden^[11] – so ist zu erwarten, daß ein überwiegender Teil der Reaktion [(10) → (13)] unter



- [1] C. K. Ingold: Structure and Mechanism in Organic Chemistry. Cornell University Press, Ithaca, N. Y., 1953, S. 306ff.; siehe auch R. A. Snee u. J. W. Larsen, J. Amer. Chem. Soc. 91, 362 (1969), und dort zit. Lit.
- [2] a) G. A. Olah u. R. H. Schlosberg, J. Amer. Chem. Soc. 90, 2726 (1968); b) G. A. Olah, G. Klopman u. R. H. Schlosberg, ibid. 91, 5129 (1969).
- [3] R. J. Gillespie, J. Chem. Soc. 1952, 1002.
- [4] S. Winstein, D. Darwish u. N. Holness, J. Amer. Chem. Soc. 78, 2915 (1956).
- [5] E. L. Eliel u. R. S. Ro, Tetrahedron 2, 353 (1958).
- [6] F. G. Bordwell, Accounts Chem. Res. 3, 281 (1970).
- [7] N. L. Allinger, J. C. Tai u. F. T. Wu, J. Amer. Chem. Soc. 92, 579 (1970).
- [8] J. J. C. Mulder u. J. S. Wright, Chem. Phys. Lett. 5, 445 (1970).
- [9] a) G. Berthier, D. J. David u. A. Veillard, Theoret. Chim. Acta 14, 329 (1969); b) J. P. Lowe, J. Amer. Chem. Soc. 93, 301 (1971).
- [10] W. Th. A. M. van der Lugt u. P. Ros, Chem. Phys. Lett. 4, 389 (1969).
- [11] C. A. Bunton: Nucleophilic Substitutions at a Saturated Carbon Atom. Elsevier, Amsterdam 1963.
- [12] J. March: Advanced Organic Chemistry – Reactions, Mechanisms and Structures. McGraw-Hill, New York 1968.
- [13] D. H. Daniel u. R. M. Dieters, J. Amer. Chem. Soc. 88, 2607 (1966).
- [14] a) F. Effenger, W. D. Stohrer u. A. Steinbach, Angew. Chem. 81, 261 (1969); Angew. Chem. internat. Edit. 8, 280 (1969); b) F. Effenger u. O. Gerlach, Tetrahedron Lett. 1970, 1669.
- [15] a) I. Ugi, D. Marquarding, H. Klusacek, G. Gokel u. P. Gillespie, Angew. Chem. 82, 741 (1970); Angew. Chem. internat. Edit. 9, 703 (1970); b) I. Ugi, F. Ramirez, D. Marquarding, H. Klusacek u. P. Gillespie, Accounts Chem. Res., im Druck; c) P. Gillespie, P. Hoffmann, H. Klusacek, D. Marquarding, S. Pfohl, F. Ramirez u. I. Ugi, Angew. Chem., im Druck; d) P. Gillespie, D. Marquarding, F. Ramirez u. I. Ugi, Angew. Chem., im Druck.
- [16] K. B. Wiberg, J. Amer. Chem. Soc. 90, 59 (1968).
- [17] a) J. A. Pople, D. P. Santry u. G. A. Segal, J. Chem. Phys. 43, 5129 (1965); b) J. A. Pople u. G. A. Segal, ibid. 43, 5136 (1965); c) ibid. 44, 3289 (1966).
- [18] L. Tenud, S. Farooq, J. Seibl u. A. Eschenmoser, Helv. Chim. Acta 53, 2059 (1970).

Retention verläuft; die unter Inversion stattfindende Umsetzung, welche eine „normale“ S_N2-Reaktion vortäuscht, wird in untergeordnetem Maße ablaufen, da einfache TR- und BPR-Prozesse im allgemeinen niedrigere Barrieren haben als multiple TR-Prozesse^[15c]. Die Retention wird besonders stark begünstigt, wenn X eine apikale und Y eine äquatoriale Plazierung am trigonal-bipyramidalen Gerüst bevorzugt.

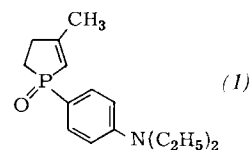
Die Beschleunigung von S_N2-Prozessen durch Substituenten wie CN, RCO und möglicherweise auch RO ist wohl auf eine Stabilisierung der trigonal-bipyramidalen Zwischenstufe oder des zugehörigen Übergangszustandes zurückzuführen [$k(S_N2) = k_1 k_2 / (k_{-1} + k_2) \approx k_1$, falls $k_2 \gg k_{-1}$, s. Schema 1].

Eingegangen am 9. März 1971 [Z 416]

Ein optisch aktives Phospholen-oxid

Von G. Ostrogovich und F. Kerek^[*]

Es ist uns gelungen, die linksdrehende Form des 3-Methyl-1-(p-diäthylaminophenyl)-2-phospholen-1-oxids (1) über ihr Salz mit der (+)-9-Campher-sulfonsäure zu erhalten. Unseres Wissens ist dies die erste Racematspaltung einer chiralen phosphacyclischen Verbindung^[1].



Nach dem Mischen der Lösungen von 16.5 mmol (1)^[2, 3] in 10 ml CH₂Cl₂ sowie von 16.2 mmol im Vakuum über P₂O₅ getrockneter (+)-9-Campher-sulfonsäure in 160 ml CH₂Cl₂ wurde das Lösungsmittel im Vakuum entfernt. Der zurückgebliebene Sirup wurde in 75 ml siedendem Benzol gelöst und die heiße Lösung mit 3–4 ml n-Heptan leicht getrübt. Durch sehr langsames und vorsichtiges Abkühlen konnten ca. 4.1 g des Campher-sulfonates von (1) erhalten werden.

Nach zweimaligem Umkristallisieren aus Benzol mit wenig n-Heptan waren Drehwert und Schmelzpunkt konstant

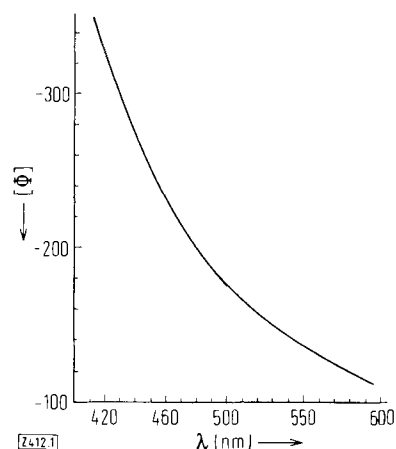


Abb. 1. ORD-Spektrum von (–)-3-Methyl-1-(p-diäthylaminophenyl)-2-phospholen-1-oxid (–)-(1) in wasserfreiem Äthanol [7].

[*] Prof. Dr. G. Ostrogovich und Dipl.-Chem. F. Kerek
Organisch-Chemisches Laboratorium des Polytechnischen
Instituts
Timișoara (Rumänien)