

Studien zum Ramaneffekt

XV. Das Ramanspektrum organischer Substanzen (Cis-Trans-Isomerie)

Von

A. DADIEU, A. PONGRATZ

und

K. W. F. KOHLRAUSCH

korresp. Mitglied der Akademie der Wissenschaften

Aus dem Physikalischen Institut der Technischen Hochschule in Graz

(Mit 1 Textfigur)

(Vorgelegt in der Sitzung am 21. Mai 1931)

Die Ramanspektren geometrisch isomerer Substanzen sind mindestens in zweifacher Hinsicht von Interesse: Einerseits ist zu erwarten, daß sie auch in jenen komplizierten Fällen (z. B. Äthylenderivate, deren Substituenten Brückensauerstoffe enthalten), bei denen die Aussagen der Dipolmomentforschung voraussichtlich nicht eindeutig sein werden, eine klare Unterscheidung zwischen Cis- und Transstellung ermöglichen werden. Zweitens sind von der Kenntnis des Schwingungsspektrums der einfach gebauten Äthylenderivate wichtige Rückschlüsse in molekulartheoretischer Hinsicht zu erhoffen. Denn so wie etwa bei Methan und seinen einfachen Derivaten (z. B. CH_4 , CH_3Cl , CH_2Cl_2 , CHCl_3 , CCl_4) ist auch bei Äthylen und seinen Derivaten (z. B. $\text{H}_2\text{C} = \text{CH}_2$, $\text{H}_2\text{C} = \text{CHCl}$, $\text{ClHC} = \text{CHCl}$ Cis und Trans, $\text{Cl}_2\text{C} = \text{CH}_2$, $\text{Cl}_2\text{C} = \text{CHCl}$, $\text{Cl}_2\text{C} = \text{CCl}_2$) der räumliche Aufbau wohl kaum zweifelhaft. Ist dieser sowohl wie das Schwingungsspektrum gegeben, so ist der Ansatz für die innermolekularen Kraftverhältnisse, der bei bekannter räumlicher Lagerung der bekannten Massen das bekannte Spektrum liefern soll, mehr oder weniger zwangsläufig; da verschiedene derartige Ansätze möglich sind, scheint dieses zu erhoffende Ergebnis von einiger Bedeutung zu sein. Insbesondere wird der spektrale Unterschied bei Cis- und Transstellung, der die Auswirkung einer definierten räumlichen Umlagerung von Bestandteilen desselben Moleküls darstellt, zur Klärung solcher molekulartheoretischer Fragen beitragen.

Bisher liegt diesbezüglich nur eine geringe Zahl von Messungen vor. Vollständig durchgearbeitet dürfte nur Dichlor-

äthylen sein, für dessen Ramanspektrum die folgenden Beobachtungen vorliegen: PRINGSHEIM-ROSEN¹ und DADIEU-KOHLRAUSCH² am Isomerengemisch, BONINO-BRÜLL³ sowie PESTEMER⁴ an den getrennten Isomeren. Ferner hat TRUMPY⁵ Messungen mitgeteilt an wässrigen Lösungen von zitrakon- bzw. mesakonsaurem Natrium sowie von malein- bzw. fumarsaurem Natrium. Und endlich liegt noch eine Beobachtung von FFOLIOTT⁶ an malein- bzw. fumarsaurem Äthylester vor. Die Beobachtungsergebnisse der beiden letztgenannten Autoren sind sicher unvollständig.

Angesichts dieser Sachlage schien es uns von Wert, die Ramanspektren einer größeren Zahl von geometrisch isomeren Körpern aufzunehmen. Durch das besondere Entgegenkommen der I. G. Farbenindustrie A. G. in Ludwigshafen, deren Direktor, Herrn Dr. O. Schmidt, wir auch an dieser Stelle für seine stete Hilfsbereitschaft unseren aufrichtigen Dank aussprechen, stand uns eine größere Menge Krotonsäure zur Verfügung als Ausgangsstoff für die Herstellung der reinen Krotonsäure selbst, sowie des Methylesters; als Ausgangssubstanz für die zugehörigen Iso-Produkte und die β -Chlorkrotonsäuren diente Azetessigeste; zusammen mit dem Dimethyl- und Diäthylester der Malein- und Fumarsäure können wir über die Spektren von 5 Paaren geometrisch isomerer Körper berichten. In einer nächsten Mitteilung hoffen wir die Ergebnisse an den Isomeren des Stilbens, des Jod- und Bromäthylens mitteilen zu können, während wir hier nur noch die Beobachtung am Isomerengemisch der beiden Bromäthylenformen aufgenommen haben.

Die Beschreibung der Herstellung der Substanzen, der Aufnahmebedingungen und der zahlenmäßigen Ergebnisse wurde in den Anhang verlegt. Mit Ausnahme von Dibromäthylen (Nr. 2) und β -Chlorisokrotonsäure (Nr. 7) (die Nummern beziehen sich auf die Fig. 1), die nur im gefilterten Licht aufgenommen wurden, wurden für alle Substanzen Streuspektren mit und ohne Chinosolfilter vor der erregenden Hg-Dampflampe hergestellt, so daß über die Zuordnung der beobachteten Linien kein ernstlicher

¹ P. PRINGSHEIM und B. ROSEN, *Ztschr. Physik* 50, 1928, S. 741.

² A. DADIEU und K. W. F. KOHLRAUSCH, V., *Wiener Ber.* 138, 1929, S. 635.

³ G. B. BONINO und L. BRÜLL, *Ztschr. Physik* 58, 1929, S. 194; *Lineei Rend.* 13, 1931, S. 275.

⁴ M. PESTEMER, XII., *Wiener Ber.* 139, 1930, S. 667.

⁵ B. TRUMPY, *Ztschr. Physik* 64, 1930, S. 777.

⁶ C. F. FFOLIOTT, *Physikal. Rev.* 36, 1930, S. 367.

Zweifel bestehen kann. Die Spektren der beiden Chlorkrotonsäuren Nr. 9 und 10 haben jedoch einen geringeren Grad von Sicherheit, weil sie nur in Chloroformlösungen beobachtet wurden; da es nicht ausgeschlossen ist, daß dabei Linienüberdeckung vorkommt, so können die Spektren Nr. 9 und 10 unvollständig sein. Dies wird dadurch wahrscheinlich gemacht, daß bei den Aufnahmen an den verwandten Krotonsäuren Nr. 5 und 6, die sowohl an Chloroformlösung als am reinen Zustand gewonnen wurden, solche Überdeckungen sichergestellt wurden. (Speziell sind die Verschiebung $\Delta\nu = 675$ der Krotonsäure und dem Chloroform, und die Verschiebung $\Delta\nu 1210$ beiden Krotonsäuren und dem Chloroform gemeinsam.)

Verwiesen sei ferner darauf, daß es gelang, mit der DADIEUSCHEN Kleinanordnung (Mitteilung XI) durch Verkleinerung der Dimensionen des Rohres für die Versuchsflüssigkeit ein in jeder Hinsicht einwandfreies Spektrum mit nur 1.3 cm^3 Substanzmenge zu erhalten. Um zu kontrollieren, ob die verwendeten Substanzen nicht etwa durch die Belichtung verändert werden (Umlagerung), wurde der Siedepunkt bzw. Schmelzpunkt vor und nach der Aufnahme bestimmt; er blieb in allen Fällen innerhalb der Meßgenauigkeit unverändert.

Ein Vergleich mit anderen Beobachtern ist nur für die Äthylester der Malein- und Fumarsäure möglich; im folgenden sind die von FFOLLIOTT (l. c.) und von uns gefundenen Werte einander gegenübergestellt. Offensichtlich sind die Angaben des ersteren unvollständig.

Maleinsäurediäthylester:

D. K. P. $\Delta\nu = 248$ (1),	386 (2 b.),	474 (1),	593 (2),	861 (4),	970 (3)
Ff. $\Delta\nu =$ —	—	—	—	865	—
D. K. P. $\Delta\nu = 1030$ (4 b.),	1107 (4 dopp.),	1167 (4),	1212 (2),	1270 (2)	
Ff. $\Delta\nu =$ —	—	1169,	1212		
D. K. P. $\Delta\nu = 1280$ (2),	1450 (5 b.),	1653 (8 s. b.),	1724 (10),	1840 (0)	
Ff. $\Delta\nu =$ —	—	1636 bis 1683,	1732	—	
D. K. P. $\Delta\nu = 2832$ (1),	2934 (5),	2979 (5 b.),		3053 (4 b.)	
Ff. $\Delta\nu =$ —	--	—		3033, 3061	

Fumarsäurediäthylester:

D. K. P. $\Delta\nu = 246$ (2 b.),	863 (4),	889 (3),	1032 (3 b.),	1113 (3 b.),	1170 ($1/2$)
Ff. $\Delta\nu =$ —	865	—	—	--	1169
D. K. P. $\Delta\nu = 1206$ (4 b.),	1259 (3),	1372 (2 s. b.),	1459 (4 b.),		1640 (4)
Ff. $\Delta\nu = 1212$	—	—	—		1633
D. K. P. $\Delta\nu = 1657$ (8),	1722 (8 b.),	(2828) (0),	2935 (4 b.),	2984 (4 b.),	3062 (4)
Ff. $\Delta\nu = 1661$	1732	—	—	—	3033, 3061

Während bei FFOLLIOTT zwischen der Cis- und Transform nahezu kein Unterschied besteht, abgesehen von der Aufspaltung der Linie 1653, zeigen unsere Spektralaufnahmen, daß die Cisform um die Linien 386 (2 b.), 474 (1), 593 (2), 970 (3), 1170 (4), 1280 (2) reicher, um die Linien 889 (3), 1372 (2 b.), 1640 (4) ärmer ist als die Transform.

Eine eingehendere Diskussion der Ergebnisse möchten wir verschieben auf den Zeitpunkt, wo auch die Erfahrungen an den noch in Arbeit befindlichen Substanzen (Stilben, Brom-, Jodäthylen) in den Kreis der Betrachtungen gezogen werden können. Als allgemeine Bemerkungen seien nur angeführt: erstens, daß sämtliche in Fig. 1 zeichnerisch zusammengestellten Spektren deutliche Unterschiede zwischen der Cis- und Transform aufweisen; zweitens, daß die Cisform (im allgemeinen; Ausnahme Nr. 8) reicher an tiefen Frequenzen ist als die Transform: Im Bereich 100 bis 1500 cm^{-1} besitzen die sechs Cissubstanzen der Fig. 1 insgesamt 70, die Transsubstanzen 64 Linien; davon entfallen auf den unteren Bereich 100 bis 800 cm^{-1} bei den Cisformen 23, bei den Transformen nur 15, auf den oberen Bereich 800 bis 1500 cm^{-1} bei den Cisformen 47, bei den Transformen 49 Linien.

Nr. 1 und Nr. 2 der Fig. 1 ermöglichen den Vergleich der Isomerenmische von Dichlor- und Dibromäthylen; Nr. 1 wurde als Superposition der Spektren Nr. 3 und 4 gezeichnet. Es wäre nicht schwer, die Ähnlichkeit der Spektren 1 und 2 und die Kenntnis der Zusammensetzung von Nr. 1 dazu zu benutzen, eine Voraussage zu treffen, welche Linien des Dibromäthylengemisches zur Cis- und welche zur Transform gehören.

Als Nebenergebnis dieser Versuche lassen sich bezüglich des Verhaltens der $\text{C}=\text{O}$ -Frequenz ($\Delta\nu = 1700$) noch einige, wie uns scheint, interessante Feststellungen machen. In den Krotonsäuren Nr. 5 und 6 und Nr. 9 und 10 wurde keine $\text{C}=\text{O}$ -Frequenz gefunden; ob sie wirklich fehlt, bzw. eine unter der Beobachtungsschwelle liegende Intensität hat, oder ob sie mit einem auch sonst in organischen Säuren beobachteten Wert $\Delta\nu = 1650$ vorhanden ist und mit der erhöhten $\text{C}=\text{C}$ -Frequenz zusammenfällt, läßt sich nicht mit Sicherheit entscheiden. Die eintretende Verbreiterung dieser z. B. im Chloräthylen scharfen Frequenz würde für die letztere Annahme sprechen. Im Krotonsäureester Nr. 7 und 8 erscheint die $\text{C}=\text{O}$ -Frequenz mit dem normalen um 1720 gelegenen Esterwert. In den Estern der Maleinsäure — aber nicht in den Estern der Fumarsäure — erscheint neben dieser

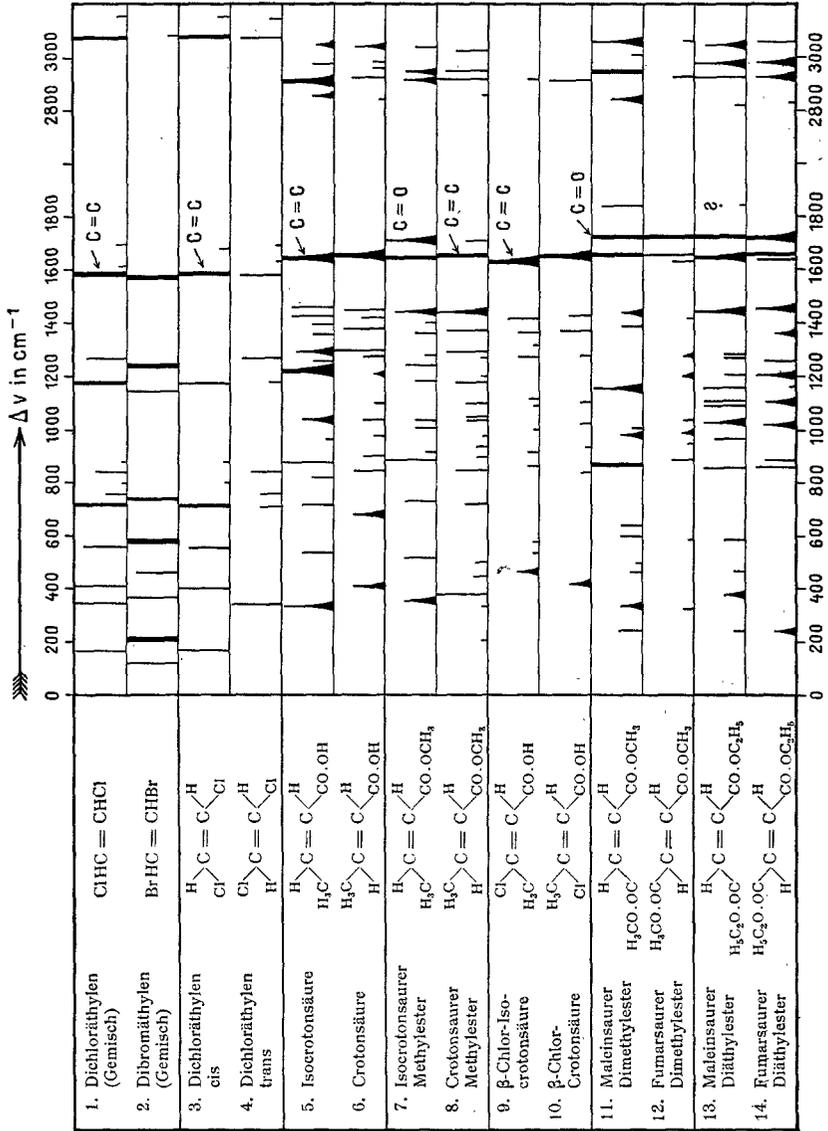
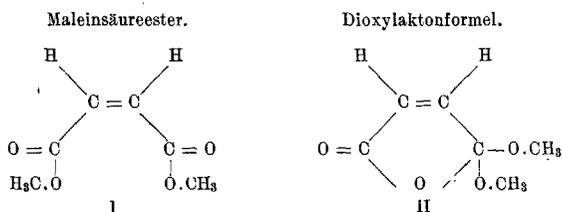


Fig. 1.

C = O-Frequenz eine weitere, stark erhöhte Frequenz, bei 1840 cm^{-1} , die im Dimethylester kräftig, im Diäthylester nur schwach ist.

Das Auftreten dieser im Gebiet der Doppelbindungen liegenden Frequenz ist zunächst im Hinblick auf die dem Maleinester üblicherweise zugeschriebene Struktur (vgl. Strukturformel I) recht unbegreiflich; denn nach dieser ist nur die C = C-Frequenz $\Delta\nu = 1640$ und eine C = O-Frequenz mit dem Esterwert $\Delta\nu = 1740$ erklärlich, da die beiden Carbonylgruppen vollkommen symmetrische Stellung haben und daher auch nur ein und dieselbe Frequenz liefern können.



Die zweite Frequenz muß also daher kommen, daß ein Teil der Moleküle eine andere Struktur hat. Es hat somit den Anschein, als ob die seinerzeit, insbesondere von ANSCHÜTZ⁷ vertretene Auffassung, daß neben der Raumisomerie auch noch Strukturisomerie bestehe, in diesem Befund eine Stütze fände. Denn in dieser auch durch andere chemische Erfahrungen (KAILAN, SKRABAL, BJERRUM⁸) befürworteten zweiten isomeren Form (vgl. Strukturformel II) sind durch die Sauerstoffbrücke die Verhältnisse so geändert, daß für die C = O-Frequenz ein durch konstitutive Einflüsse veränderter Wert zu erwarten ist. Ist diese Deutung richtig, dann folgt daraus, daß im Methylester ein nicht unbedeutender Prozentsatz (Größenordnung $\frac{1}{4}$) der Moleküle eine der Dioxylaktonformel entsprechende Struktur hat, während im Äthylester der Prozentsatz sehr gering ist. In Übereinstimmung mit der Erwartung fehlt diese Frequenz in der Transform, in der die Bildung der Sauerstoffbrücke nicht möglich ist.

⁷ R. ANSCHÜTZ, Liebigs Ann. 259, 1840, S. 137; 461, 1928, S. 155.

⁸ A. KAILAN, Z. physikal. Chem. 85, 1913, S. 714; 88, 1914, S. 619; A. KRABAL, Monatsh. Chem. 42, 1921, S. 245, bzw. Sitzb. Ak. Wiss. Wien (II b) 130, 1921 S. 245; N. BJERRUM, Z. physikal. Chem. 106, 1923, S. 228.

Anhang.

A. Herstellung der Substanzen.

Dibromäthylen (Tab. 108). Da nicht genug Substanz zur Trennung des Isomerengemisches zur Verfügung stand, wurde nur das Ramanspektrum des Gemisches aufgenommen. Bezüglich der Darstellung sei auf die nächste Arbeit verwiesen, in der wir die Ramanspektren der getrennten Isomeren mitteilen werden.

Isokrotonsäure (Tab. 109). Wurde nach den Angaben von MICHAEL und SCHULTHESS⁹ durch Reduktion von β -chlorisokrotonsaurem Natrium in wässriger Lösung mittels Natriumamalgam gewonnen und von der als Nebenprodukt entstandenen Krotonsäure (neben wenig Tetrolsäure) durch Behandeln der Natronsalze mit absolutem Alkohol, in welchem das isokrotonsaure Natrium leicht löslich ist, getrennt.

Die aus dem Natriumsalz gewonnene Säure wurde zweimal bei 26 mm destilliert, wobei sie zwischen 80 bis 81° überging. Beilsteinprobe negativ.

Krotonsäure (Tab. 110). Die kristallisierte Säure (B. A. S. F.) wurde dreimal bei zirka 100° sublimiert. F. P.: 70·8 bis 71·6°.

Isokrotonsäuremethylester (Tab. 111). v. AUWERS¹⁰ hat in jüngster Zeit Isokrotonsäureäthylester aus dem Silbersalz der Isokrotonsäure und Jodäthyl in ätherischer Lösung gewonnen; wir bedienten uns für die Gewinnung des Methylesters ebenfalls dieser milden Darstellungsweise.

Das absolut trockene isokrotonsaure Silber wurde in ätherischer Aufschlammung mit Jodmethyl erwärmt, nach dreistündiger Einwirkung der Prozeß unterbrochen, wie üblich aufgearbeitet, der von Äther und Jodmethyl befreite Ester rektifiziert und der zwischen 106·2 bis 108·2° korr. übergehende Ester für die Untersuchung verwendet.

Wir fanden also für den Methylester einen wesentlich tieferen Siedepunkt, als er nach den Literaturangaben¹¹ zu erwarten gewesen wäre, in Übereinstimmung mit dem Befund von v. AUWERS am Isokrotonsäureäthylester. (v. AUWERS fand den S. P. 742: 129 bis 130·5°, während GEUTHER¹² den Wert 136° angibt.)

Krotonsäuremethylester (Tab. 112). Die bequeme Darstellungsweise von Krotonsäureäthylester nach A. MICHAEL¹³ übertrugen wir auf die Gewinnung des Methylesters, destillierten den wie üblich isolierten Ester viermal und verwendeten die bei 118·8 bis 119·3° korr. übergehende Fraktion zur Aufnahme.

Chlorisokrotonsäure (Tab. 113). GEUTHER¹⁴ hat als erster die Einwirkung von Phosphorpentachlorid auf Azetessigeste studiert und unter anderen in untergeordneter Menge entstehenden Produkten β -Chloriso-

⁹ J. prakt. Chem. (2), 46, S. 748; (2), 52, S. 366.

¹⁰ Ann. 432, S. 60.

¹¹ Helv. chim. Acta I, S. 246.

¹² Zeitschr. f. Chem. 1871, S. 243.

¹³ Ber. D. ch. G. 33, S. 3766.

¹⁴ Zeitschr. f. Chem. 1871, S. 237.

krotonsäure und β -Chlorkrotonsäure aus dem Reaktionsgemisch isoliert. GEUTHER ließ auf Azetessigeste ohne Verdünnungsmittel Phosphorpentachlorid einwirken. A. MICHAEL¹⁵ glaubte, durch Zufügen von Benzol die Reaktion mildern zu müssen, ohne aber höhere Ausbeuten an diesen Säuren zu erzielen.

Wir haben gefunden, daß durch die Gegenwart des Benzols die Ausbringung der Säuren sehr erschwert wird.

Wir haben uns daher im Prinzip an die Angaben von GEUTHER¹⁶ gehalten, jedoch den Gebrauch der Sodalösung und die Destillation im Dampfstrom von A. MICHAEL übernommen, allerdings in etwas anderer Anwendungsweise.

In 166 g Azetessigeste wurde zunächst, solange die Reaktion heftig ist, unter Wasserkühlung Phosphorpentachlorid eingetragen; in dem Maße, als die Reaktion träger zu werden beginnt, nimmt man das Reaktionsgefäß aus dem Kühlbade, läßt es sich von selbst so weit erwärmen, daß die Reaktion lebhaft bleibt. Nachdem innerhalb 3 Stunden die gesamte Menge Phosphorpentachlorid (500 g) eingetragen ist, wird das Reaktionsgemisch noch einige Zeit gelinde erwärmt, dann mit der doppelten Menge Wasser zersetzt, im Dampfstrom destilliert und alles, was übergeht, gemeinsam aufgefangen; in das Destillat leitet man neuerlich Dampf ein, wobei die ganze Salzsäure im Rückstand bleibt. Das Destillat wird nun mit Soda gerade alkalisch gemacht, im Dampfstrom das ungelöst gebliebene Estergemisch abgeblasen, der Rückstand, welcher nun die vollkommen von Ester befreite Säure als Natriumsalz enthält, noch heiß mit Tierkohle geschüttelt, filtriert, das Filtrat auf die Hälfte des Volumens eingengt und nach dem Erkalten mit Schwefelsäure etwas übersäuert.

Ausbeute: 30 g; nach einmaliger Sublimation bei zirka 100° schmolz die Säure scharf bei 62°. Für die Aufnahme wurde jedoch noch viermal sublimiert.

β -Chlorkrotonsäure (Tab. 114). Die Aufarbeitung des Rückstandes, welcher bei der Wasserdampfdestillation der β -Chlorisokrotonsäure erhalten wird, erfolgte nach dem Vorgange von GEUTHER¹⁷. Die mehrmals unter Zusatz von Tierkohle umkristallisierte Säure wird für die Aufnahme noch dreimal bei 120° sublimiert. F. P.: 94 bis 95°.

Maleinsäuredimethylester (Tab. 115). Wir hielten uns bei der Gewinnung im wesentlichen an die Vorschrift von A. SKRABAL¹⁸, reinigten jedoch das käufliche Maleinsäureanhydrid (Kahlbaum) durch einmalige Destillation bei 15 mm und 100 bis 105° Badtemperatur, womit gleichzeitig eventuell noch vorhandene Maleinsäure anhydriert¹⁹.

¹⁵ J. prakt. Chem. [2], 46, S. 236.

¹⁶ Zeitschr. f. Chem., 1871, S. 243. GEUTHER bezeichnet β -Chlorisokrotonsäure als „Monochlorquartenylsäure“ und die β -Chlorkrotonsäure als „Monochlortetrakrylsäure“.

¹⁷ Zeitschr. f. Chem. 1871, S. 237.

¹⁸ Monatsh. Chem. 42, 1921, S. 246, bzw. Ak. Wiss. Wien (II b) 130, 1921, S. 246.

¹⁹ Rec. trav. chim. 2, S. 312.

Tabelle der Aufnahmezeiten.

Substanz	Tab. Nr.	n	Pl. Nr.	F	φ	Sp.	t	U	Str.Sp.	Bemerkung
Dibrom- äthylen	108	21 (1)	431	F.	20°	0·1	5	m.	s.	Platte schleiert
			432	F.	20°	0·1	7	st.	st.	
Isokroton- säure	109	48 (4)	448	F.	20°	0·08	11	m.	m.	gelöst in CHCl ₃
			456	F.	20°	0·07	8	s.	st.	
			457	o. F.	20°	0·07	6	s.	st.	
Krotonsäure	110	39 (3)	446	F.	20°	0·08	12	m.	st.	} gelöst in CHCl ₃
			447	o. F.	20°	0·08	5	m.	m.	
			450	F.	80°	0·08	8	m.	m.	} geschmolzen
			451	o. F.	80°	0·08	5	s. st.	s.	
Isokroton- säure- methylester	111	44 (2)	462	F.	20°	0·07	12	m.	m.	} sehr diffuses Streuspektrum
			463	o. F.	20°	0·07	8	s. st.	m.	
Krotonsäure methylester	112	60 (1)	398	F.	20°	0·07	15	m.	st.	
			399	o. F.	20°	0·07	8	st.	st.	
β-Chloriso- krotonsäure	113	29 (0)	442	F.	20°	0·08	8	m.	m.	gelöst in CHCl ₃
β-Chlor- krotonsäure	114	47 (0)	441	F.	20°	0·08	12	m.	m.	} gelöst in CHCl ₃
			444	o. F.	20°	0·08	8	st.	m.	
Maleinsaurer Dimethyl- ester	115	42 (0)	384	F.	20°	0·08	10	m.	st.	
			91	o. F.	20°	0·06	8	st.	m.	
Fumarsaurer Dimethyl- ester	116	45 (2)	424	F.	20°	0·07	22	st.	st.	} gelöst in CHCl ₃ geschmolzen
			428	o. F.	20°	0·07	8	st.	st.	
			405	F.	120°	0·07	12	st.	s.	
Maleinsaurer Diäthylester	117	51 (3)	387	F.	20°	0·06	10	m.	m.	
			393	o. F.	20°	0·07	14	s. st.	m.	
Fumarsaurer Diäthylester	118	48 (2)	394	F.	20°	0·07	11	st.	m.	schlechte Justierung
			396	F.	20°	0·07	14	s.	st.	
			397	o. F.	20°	0·07	9	s.	st.	

Für die Untersuchung wurde der Ester dreimal unter vermindertem und einmal bei gewöhnlichem Druck destilliert. Den Siedepunkt fanden wir abweichend von der Literaturangabe²⁰ zu 202° korr. Destilliert man

²⁰ Ann. 248, S. 192.

bei Normaldruck, so färbt sich der ursprünglich stets wasserhelle Ester im Destilliergefäß schwach gelb.

Fumarsäuredimethylester (Tab. 116) wurde nach den Angaben von A. SKRABAL¹⁷ gewonnen und mehrere Male aus Methylalkohol umkristallisiert, schließlich viermal bei einer Temperatur von 130 bis 135° sublimiert. F. P.: 103.2 bis 104° korr.

Maleinsäurediäthylester (Tab. 117). Auf die gleiche Weise wie den Maleinsäuredimethylester bereiteten wir den Maleinsäurediäthylester und destillierten ihn vor der Aufnahme zweimal unter vermindertem und zweimal bei gewöhnlichem Druck. S. P.: 219° korr. (abweichend die Literaturangabe)²¹.

Fumarsäurediäthylester (Tab. 118) bereiteten wir in analoger Weise wie den Fumarsäuredimethylester. Für die Aufnahme wurde der Ester zunächst viermal bei vermindertem Druck destilliert und schließlich bei 24 mm fraktioniert, der Hauptanteil, welcher zwischen 103 bis 103.5° überging, für die Aufnahme verwendet. Die Destillation bei Normaldruck verträgt der Ester nicht. S. P.: 215.8° korr. (Entgegen der Literaturangabe B. D. ch. G. 12, 2283 : 218°.)

B. Die Spektraaufnahmen.

In den im Anschluß an unsere vorangehenden 14 Mitteilungen fortlaufend nummerierten Tabellen Nr. 108 bis 118 sind gewöhnlich die Ausmessungen an mehreren Aufnahmen vereinigt. Die folgende Übersichtstabelle stellt die jeweiligen Aufnahmebedingungen zusammen. Es sind außer der Substanz und der betreffenden Tabellennummer angegeben: n = Zahl der Streulinien im kombinierten Streuspektrum der betreffenden Tabelle; dazu in Klammern die Zahl der Linien, die nicht zugeordnet werden konnten. Pl. Nr. gibt die Nummern der photographischen Platte. In der mit F überschriebenen Spalte ist angegeben, ob mit (F.) oder ohne (o. F.) Chinosolfilter bestrahlt wurde. ϑ = Temperatur in Celsius-Graden, Sp = Spaltbreite in mm, t = Expositionszeit in Stunden; die Spalten „U“ und „Str. Sp.“ enthalten Angaben über die Stärke (s. = schwach, m. = mittel, st. = stark) von kontinuierlichem Untergrund und Streuspektrum.

In den folgenden Tabellen sind solche Linien, die trotz Filterung unverändert erhalten bleiben, daher nicht von Hg, i , h , o , p , q erregt sein können, mit Stern bezeichnet. In Tabelle 116 sind jene Linien, die sowohl in Lösung als in der geschmolzenen Substanz gefunden wurden, mit ! bezeichnet. In den Tabellen 113, 114, 116 sind die zum Lösungsmittel (Chloroform) gehörigen Linien durch ein beigeseztes Chl gekennzeichnet.

²¹ Ann. 248, S. 193; Ber. D. ch. G. 12, S. 2283.

Tabelle 108.

Dibromäthylen C₂H₂Br₂ (Isomerengemisch). Platte 431, 432.

ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung
23516	1/2	e+578	22565	5	e-373	21841	0	f-1154
23399	0	e+461	22524	0	?	21789	6 b.	e-1149
23300	1	e+362	22490	4	e-448	21753	0	f-1242
23151	5	e+213	22412	1	f-583	21699	7	e-1239
22816	5	e-122	22356	10	e-582	21362	6	e-1576
22776	2 b.	f-219	22248	1/2	f-747	19853	1	e-3085
22720	10	e-218	22192	7	e-746	17721	2	e-587

ν' (122) (5), 217 (10), 370 (5), 453 (4), 582 (10), 746 (7), 1153 (6), 1240 (7), 1576 (6), 3085 (1).

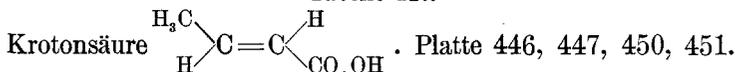
Tabelle 109.

Isokrotonsäure $\begin{matrix} \text{H} \\ \diagup \\ \text{C} \\ \diagdown \\ \text{H}_3\text{C} \end{matrix} = \begin{matrix} \text{H} \\ \diagdown \\ \text{C} \\ \diagup \\ \text{CO.OH} \end{matrix}$. Platte 448, 456, 457.

ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung
25746	2	g-1642	23657	2	k-1048	21896	3 b.*	e-1043
25710	1	p-1643	23542	0 s. b.	?	21840	2 s. b.	k-2865
25647	0	o-1646	23478	4 b.	k-1227	21783	12 b.	k-2922
24471	4 b.	g-2917	23448	2	k-1257	21720	6 b.*	e-1218 [k]
24438	2	p-2915	23405	5 b.	k-1300	21689	1*	e-1249
24412	1	g-2976	23335	3	k-1370	21648	7*	e-1290 [k]
24371	4	k-334 [p, o]	23308	4	k-1397	21577	2*	e-1361
24308	2 b.	p-3045 [o]	23273	5*	k-1432 [e]	21546	3*	e-1392
24244	2 b.	o-3049	23246	5	k-1459	21501	4 b.*	e-1437
24190	1/2	?	23204	1/2	?	21394	1/2*	g-1645
24150	2 b.	Hg; k-555	22600	5 b.*	e-338	21348	2*	f-1647
24107	1	?	22392	3*	e-546	21293	12 b.*	e-1645
23984	2	k-721	22218	3*	e-720	20076	1/2	Hg; e-2862
23882	1/2	k-823	22116	2*	e-822 [f]	20017	4*	e-2921
23827	3	k-878	22056	5*	e-882	19952	0*	e-2986
23730	0	k-975	21971	1*	e-967	19890	3 b.	e-3048

ν' 338 (5 b.), 546 (3), 720 (3), 822 (2), 882 (5), 971 (1/2), 1045 (3 b.), 1223 (6 b.), 1253 (2), 1295 (4 b.), 1365 (2), 1395 (3), 1432 (4), 1459 (4), 1645 (12 b.), (2865) (2 b.), 2919 (12 b.), 2982 (2), 3050 (2 b.).

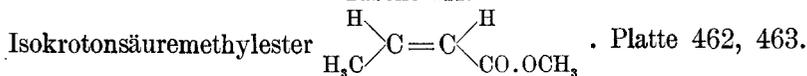
Tabelle 110.



ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung
24470	4	<i>q</i> —2918	22354	0	?	21590	0	<i>i</i> —2926
24435	3 b.	<i>p</i> —2918 [<i>q</i>]	22263	3 b.*	<i>e</i> —675	21562	4*	<i>e</i> —1376
24404	1/2	<i>q</i> —2984 [<i>p</i>]	22146	1*	<i>f</i> —849	21499	4*	<i>e</i> —1439
24372	1	<i>p</i> —2981 [<i>o</i>]	22092	3*	<i>e</i> —846 [<i>f</i>]	21488	0	<i>i</i> —3028
23424	1	<i>k</i> —1281	22038	2*	<i>e</i> —900	21382	0*	<i>g</i> —1657
23402	3	<i>k</i> —1303	21953	1*	<i>e</i> —985 [<i>f</i>]	21343	1*	<i>f</i> —1652
23352	0	<i>e</i> +414	21892	2*	<i>e</i> —1046	21286	10 b.*	<i>e</i> —1652
23323	3	<i>k</i> —1382	21835	1*	<i>e</i> —1103	20098	1*	<i>e</i> —2840
23278	1	<i>k</i> —1427	21788	3	<i>k</i> —2917	20019	3*	<i>e</i> —2919
23257	3	<i>k</i> —1448	21756	0	?	19979	0*	<i>e</i> —2959
23128	1	<i>i</i> —1388	21728	1 b.*	<i>e</i> —1210 [<i>k</i>]	19958	1/2*	<i>e</i> —2980
23097	1	?	21660	2 b.	<i>k</i> —3045	19894	4 b.*	Hg; <i>e</i> —3044
22530	3 b.*	<i>e</i> —408	21645	5 s. b.*	<i>e</i> —1293	17895	1	<i>c</i> —413

ν 412 (3 b.), (675) (3 b.), 847 (3), (900) (2), (985) (1), (1046) (2), (1103) (1), (1210) (1 b.), 1281 (2), 1303 (5), 1381 (4), 1427 (2), 1448 (4), 1652 (10 b.), (2840) (0), 2920 (3), 2956 (1), 2980 (1), 3044 (3 b.).

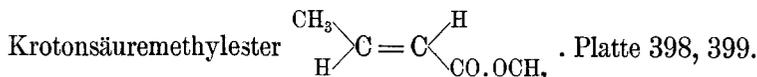
Tabelle 111.



ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung
24470	2 b.	<i>q</i> —2918	23256	2 b.	<i>k</i> —1449	21699	3*	<i>e</i> —1239
24437	4 b.	<i>q</i> —2951 [<i>p</i>]	22644	1/2*	<i>f</i> —351	21663	2	<i>k</i> —3042
24402	2	<i>p</i> —2951	22577	3 s. b.*	<i>e</i> —361	21655	1*	<i>e</i> —1283
24371	2	<i>o</i> —2922	22418	3*	<i>e</i> —520	21586	1/2	<i>i</i> —2930
24308	2	<i>p</i> —3045	22349	1/2 b.*	?	21573	2*	<i>e</i> —1365
24273	0	?	22259	1/2*	<i>f</i> —736	21533	1*	<i>e</i> —1405
24245	1	<i>o</i> —3048	22205	3*	<i>e</i> —733	21498	4 b.*	<i>e</i> —1440
24182	0	<i>k</i> —523	22103	1/2 b.*	<i>f</i> —892	21294	10*	<i>e</i> —1644
23973	2	<i>k</i> —732	22052	5*	<i>e</i> —886	21223	5 b.*	<i>e</i> —1715
23814	3	<i>k</i> —891	22017	1*	<i>e</i> —921	20022	2 b.*	<i>e</i> —2916
23686	1/3	<i>k</i> —1019	21930	2*	<i>e</i> —1008	19989	2*	<i>e</i> —2949
23658	1/2	<i>k</i> —1047	21902	2*	<i>e</i> —1036	19895	4*	Hg; <i>e</i> —3043
23504	1/2	<i>k</i> —1201	21791	3	<i>k</i> —2914	17946	0*	<i>c</i> —362
23453	2	<i>k</i> —1252	21762	2 b.	<i>k</i> —2943	17787	1*	<i>c</i> —521
23336	1	<i>k</i> —1369	21755	2*	<i>e</i> —1183			

ν 358 (3 s. b.), 521 (3), 734 (3), 890 (5), (921) (1), 1013 (2), 1040 (2), 1192 (2), 1245 (3), (1283) (1), 1367 (2), (1405) (1), 1444 (4 b.), (1644) (10), 1715 (5 b.), 2920 (3 b.), 2950 (3 b.), 3046 (2).

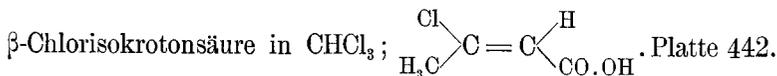
Tabelle 112.



ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung
25734	2	<i>q</i> -1654	23501	1/2	<i>k</i> -1204	21759	4*	<i>e</i> -1179 [<i>k</i>]
25698	1	<i>p</i> -1655	23407	3	<i>k</i> -1298 [<i>i</i>]	21740	1*	<i>e</i> -1198
25671	2	Hg; <i>q</i> -717	23325	5	<i>k</i> -1380 [<i>i</i>]	21674	3	<i>k</i> -3031
25642	3	<i>p</i> -1711 [<i>o</i>]						
24497	1	<i>k</i> -208 [<i>p</i>]	23257	6 b.	<i>k</i> -1448	21651	4*	<i>e</i> -1287
24474	5	<i>q</i> -2914	22733	1/2*	<i>e</i> -205	21602	1	<i>i</i> -2914
24437	5	<i>q</i> -2951 [<i>p, o</i>]	22607	1/2*	<i>e</i> -331 [<i>f</i>]	21567	4*	<i>e</i> -1371
24405	2	<i>p</i> -2948	22553	5*	<i>e</i> -385 [<i>f</i>]	21498	5 b.*	<i>e</i> -1440
24373	2	<i>k</i> -332 [<i>o</i>]	22487	1*	<i>e</i> -451	21340	0*	<i>f</i> -1655
24321	1	<i>k</i> -384 [<i>p</i>]	22443	1*	<i>e</i> -495	21282	10*	<i>e</i> -1656 [<i>f</i>]
24256	1	<i>k</i> -449 [<i>o</i>]	22214	3*	<i>e</i> -724	21220	8*	<i>e</i> -1718
24209	1/2	<i>k</i> -496	22147	0*	<i>f</i> -848	20086	1/4 b.*	<i>e</i> -2852
23983	1/2	<i>k</i> -722	22094	3*	<i>e</i> -844 [<i>f</i>]	20018	4*	<i>e</i> -2920
23864	3	<i>k</i> -841	22034	1*	<i>e</i> -904	19985	3*	<i>e</i> -2953
23799	2	<i>k</i> -906 [<i>i</i>]	22004	1*	<i>e</i> -934	19892	4*	Hg; <i>e</i> -3046
23768	2	<i>k</i> -937	21951	0*	<i>e</i> -987	18086	0*	<i>c</i> -222
23720	1/2	<i>k</i> -985	21893	2 d.*	<i>e</i> -1045	17962	0*	<i>c</i> -346
23663	2 d.	<i>k</i> -1042 [<i>i</i>]	21840	1/2 b.	<i>k</i> -2865	17918	2*	<i>c</i> -390
23599	2	<i>k</i> -1106	21830	2*	<i>e</i> -1108	17700	0*	?
23518	1	<i>k</i> -1187	21785	5	<i>k</i> -2920	17463	1/2	<i>c</i> -845

ν 210 (1/2), 336 (1/2), 387 (5), 450 (1), 495 (1), 723 (2), 844 (3), 905 (1), 935 (1), 986 (1/2), 1044 (2 dopp.), 1107 (2), 1183 (3), 1201 (1/2), (1264) (1/2), 1293 (4), 1375 (4), 1444 (5 b.), 1655 (8), 1715 (2), 2856 (1/2 b.), 2917 (5), 2950 (4), 3031 (3).

Tabelle 113.



ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung
23552	1	?	22392	0	<i>e</i> -546	21784	0	<i>f</i> -1211 Chl
23365	0	<i>f</i> +370 Chl	22353	1/4	<i>e</i> -585	21726	3 b.	<i>e</i> -1212 Chl
23301	4	<i>e</i> +363 Chl	22325	1	<i>f</i> -670 Chl	21655	2	<i>e</i> -1283
23252	1/4	<i>f</i> +257 Chl	22268	8	<i>e</i> -670 Chl	21615	1/2	<i>e</i> -1323
23196	6	<i>e</i> +258 Chl	22178	4 b.	<i>e</i> -760 Chl	21567	2	<i>e</i> -1371
22675	8	<i>e</i> -263 Chl	22069	1	<i>e</i> -869	21520	3	<i>e</i> -1418
22625	1	<i>f</i> -370 Chl	22020	1	<i>e</i> -918	21307	8 b.	<i>e</i> -1631
22571	8	<i>e</i> -367 Chl	21926	1/2	<i>e</i> -1012	20014	1	<i>e</i> -2924
22530	0	<i>f</i> -465	21841	0	<i>e</i> -1097	19917	1	<i>e</i> -3021 Chl
22475	2 b.	<i>e</i> -463	21817	1	<i>e</i> -1121			

ν 464 (2 b.), 546 (0), 585 (1/4), 869 (1), 918 (1), 1012 (1/2), 1097 (0), 1121 (1), 1283 (2), 1323 (1/2), 1371 (2), 1418 (3), 1631 (8 b.), 2924 (1).

Tabelle 114.

β -Chlorkrotonsäure in CHCl_3 ; $\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\ \diagdown \\ \text{C} = \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{H} \\ \diagdown \text{CO.OH} \end{array} \\ \diagup \text{Cl} \end{array}$. Platte 441, 444.

ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung
24466	2	<i>q</i> -2922	23265	1	<i>k</i> -1440	21830	1*	<i>e</i> -1108
24443	6	<i>k</i> -262 [<i>p</i>] Chl	23199	7*	<i>e</i> +261 Chl	21783	4	<i>k</i> -2922
24367	5 b.	<i>q</i> -3021 Chl	22782	1	<i>g</i> -257 Chl	21729	4*	<i>e</i> -1209 Chl
24273	2	<i>o</i> -3020 Chl	22735	3 b.*	<i>f</i> -260 Chl	21692	4	<i>k</i> -3013 Chl
24256	1 b.	<i>i</i> -260 Chl	22679	12 b.*	<i>e</i> -259 Chl	21661	1*	<i>e</i> -1277
24035	8	<i>k</i> -670 Chl	22631	2*	<i>f</i> -364 Chl	21598	1	<i>i</i> -2918
23944	5 b.	<i>k</i> -761 Chl	22576	10*	<i>e</i> -362 Chl	21565	3*	<i>e</i> -1373
23848	3	<i>k</i> -857 [<i>i</i>]	22520	2s.b.*	<i>e</i> -418	21504	3*	<i>e</i> -1434
23765	2 b.	<i>k</i> -940 [<i>i</i>]	22369	$\frac{1}{2}$ *	<i>g</i> -670 Chl	21351	$\frac{1}{4}$ *	<i>f</i> -1644
23665	0	<i>k</i> -1040	22329	2*	<i>f</i> -666 Chl	21296	10 b.*	<i>e</i> -1644
23607	2*	<i>k</i> -1098 [<i>e</i>]	22273	10*	<i>e</i> -665 Chl	20013	2*	<i>e</i> -2925
23488	4	<i>k</i> -1217 Chl	22235	$\frac{1}{2}$ *	<i>f</i> -760 Chl	19917	3*	<i>e</i> -3021
23415	2	<i>k</i> -1290	22182	6 b.*	<i>e</i> -756 Chl	18035	3*	<i>c</i> -273 Chl
23359	$\frac{1}{2}$	<i>f</i> +364 Chl	22097	1*	<i>e</i> -841	17932	3*	<i>c</i> -376 Chl
23328	$\frac{1}{2}$	<i>k</i> -1377	22000	$\frac{1}{2}$ *	<i>e</i> -938	17535	2*	<i>c</i> -773 Chl
23302	5*	<i>e</i> +364 Chl	21910	1	<i>e</i> -1028			
ν'	(418) (2 s. b.), 841 (1), 938 ($\frac{1}{2}$), 1034 (1), 1103 (1), 1283 (1), 1375 (3), 1437 (2), 1644 (10 b.), 2922 (4).							

Tabelle 115.

Maleinsäuredimethylester $\begin{array}{c} \text{HC-CO.OCH}_3 \\ \parallel \\ \text{HC . CO.OCH}_3 \end{array}$. Platte 384, 391

ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung
24433	5 b.	<i>q</i> -2955	22445	$\frac{1}{2}$ *	<i>e</i> -493	21646	5 b.	<i>k</i> -3056
25395	3	<i>p</i> -2958	22387	0*	<i>f</i> -608	21550	2*	<i>e</i> -1388 [<i>f</i>]
24297	$\frac{1}{4}$ b.	<i>p</i> -3056	22338	2*	<i>e</i> -600	21489	2 b.*	<i>e</i> -1449
24232	1 s. b.	<i>o</i> -3061 [<i>k</i>]	22295	2*	<i>e</i> -643	21345	$\frac{1}{4}$ *	<i>f</i> -1650
24103	1	<i>k</i> -602	22125	$\frac{1}{2}$ *	<i>f</i> -870	21289	6*	<i>e</i> -1649
23844	4	<i>k</i> -861	22076	6*	<i>e</i> -862	21211	3*	<i>e</i> -1727
23715	0	<i>k</i> -990	21943	2s.b.*	<i>e</i> -995	21146	$\frac{1}{4}$ *	<i>f</i> -1839
23693	1	<i>k</i> -1012	21929	$\frac{1}{2}$ *	<i>e</i> -1009	21091	4*	<i>e</i> -1847
23538	4 b.	<i>k</i> -1167	21861	3 b.	<i>k</i> -2844	20092	0*	<i>e</i> -2846
23312	$\frac{1}{2}$	<i>k</i> -1393	21879	0*	<i>g</i> -1160	19981	4*	<i>e</i> -2957
23257	1 s. b.	<i>k</i> -1448	21830	$\frac{1}{4}$ *	<i>f</i> -1165	19925	0*	<i>e</i> -3013
22693	2*	<i>e</i> -245	21773	5 b.*	<i>e</i> -1165	19890	5 b.*	Hg; <i>e</i> -3048
22597	2*	<i>e</i> -341	21753	7	<i>k</i> -2952	17701	2*	<i>c</i> -607
22476	1*	<i>e</i> -462	21696	1	<i>k</i> -3009			
ν'	(245) (2), (341) (2 b.), (462) (1), (493) ($\frac{1}{2}$), 606 (2), (643) (2), 864 (6), 993 (2 s. b.), 1010 (1), 1164 (5 b.), 1390 (2), 1448 (2 b.), 1650 (6), 1727 (8), 1843 (4), 2844 (3 b.), 2954 (7), 3011 (1), 3058 (5 b.).							

Tabelle 116.
 $H_3CO.OC.C.H$
 Fumarsäuredimethylester \parallel . Platte 405, 424, 428.
 $H.C.CO.OCH_3$

ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung
24444	4 b.	<i>k</i> -261 [<i>q</i>] Chl	23501	2 b.	<i>k</i> -1204 Chl	22180	6 b.*	<i>e</i> -758 Chl
24398	1	<i>p</i> -2955	23443	1/2	<i>k</i> -1262	22046	2*!	<i>e</i> -892
24367	2 b.	<i>k</i> -338 [<i>q</i>]	23398	1/2	<i>g</i> +359 Chl	21984	1/2*!	<i>e</i> -954
24282	0	<i>o</i> -3011 Chl	23302	4*	<i>e</i> +364 Chl	21941	1 b.*!	<i>e</i> -997
24255	1	<i>i</i> -261 Chl	23252	1 b.	<i>k</i> -1453 [<i>f</i>]	21902	1*!	<i>e</i> -1036
24219	1/2	<i>o</i> -3074	23196	6*	<i>e</i> +258 Chl	21762	3	<i>k</i> -2943
24189	1/2	?	22734	2*	<i>f</i> -261 Chl	21730	4*!	<i>e</i> -1208
24036	6	<i>k</i> -669 Chl	22676	12*	<i>e</i> -262 Chl	21696	3	<i>k</i> -3009 Chl
23948	4 b.	<i>k</i> -757 Chl	22630	1*	<i>f</i> -365 Chl	21678	1 s. b.*!	<i>e</i> -1260
23890	1/2	?	22607	1*!	<i>e</i> -331	21498	1/2*!	<i>e</i> -1440
23851	2	<i>i</i> -665 Chl	22572	10*	<i>e</i> -366 Chl	21303	2*!	<i>e</i> -1635
23814	1	<i>k</i> -891	22344	1/2*!	<i>e</i> -594	21288	5 b.*!	<i>e</i> -1650
23759	0	<i>i</i> -757 Chl	22325	2 b.*	<i>f</i> -670 Chl	21214	6*!	<i>e</i> -1724
23662	0*	<i>f</i> -667 Chl	22270	10*	<i>e</i> -668 Chl	20008	2 b.*!	<i>e</i> -2930
23604	2*	<i>e</i> +666 Chl	22228	1*	<i>f</i> -767 Chl	19920	2*	<i>e</i> -3018 Chl

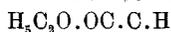
ν 331 (1), (594) (1/2), 892 (2), (954) (1/2), (997) (1 b.), (1036) (1), 1206 (1 b.), 1261 (1 b.), 1440 (1/2), (1635) (2), (1650) (5), (1724) (6), 2936 (2), (3070) (1).

Tabelle 117.
 $HC.CO.OC_2H_5$
 Maleinsäurediäthylester \parallel . Platte 387, 393.
 $HC.CO.OC_2H_5$

ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung
24484	0	?	23337	0	<i>i</i> -1179	21730	5*	<i>k</i> -2975 [<i>e</i>]
24453	3	<i>q</i> -2935 [<i>k</i>]	23300	0	<i>i</i> -1216	21673	2*	<i>e</i> -1265
24413	5 b.	<i>q</i> -2975 [<i>p</i>]	23250	3 b.	<i>k</i> -1455	21645	4 b.*	<i>k</i> -3060 [<i>e</i>]
24369	1/2	<i>p</i> -2984 [<i>o</i>]	22690	1*	<i>e</i> -248	21594	0*	<i>g</i> -1445
24336	10	Hg; <i>q</i> -3052	22608	1/4*	<i>f</i> -387	21545	2*	<i>f</i> -1450
24305	3 b.	<i>p</i> -3048	22553	2 b.*	<i>e</i> -385	21487	5*	<i>e</i> -1451
24234	2	<i>k</i> -471 [<i>o</i>]	22467	1*	<i>e</i> -471	21340	0*	<i>f</i> -1655
24110	1/2	<i>k</i> -595	22410	0*	<i>f</i> -582	21289	8 b.*	<i>e</i> -1649
23927	0	<i>i</i> -589	22346	2*	<i>e</i> -592	21214	10*	<i>e</i> -1724
23846	3	<i>k</i> -859	22075	5*	<i>e</i> -863	21298	0*?	<i>e</i> -1840?
23729	2 b.	<i>k</i> -976	22054	1/4*	?	20106	0*	<i>e</i> -2832
23669	2	<i>k</i> -1036 [<i>i</i>]	22028	0*	<i>f</i> -967	20002	3*	<i>e</i> -2936
23594	2 dopp.	<i>k</i> -1111	21970	3*	<i>e</i> -968 [<i>f</i>]	19956	4 b.*	<i>e</i> -2982
23538	3	<i>k</i> -1167 [<i>i</i>]	21913	4 b.*	<i>e</i> -1025	19888	5 b.	Hg; <i>e</i> -3050
23494	1	<i>k</i> -1211	21874	1	<i>k</i> -2831	17828	1/2*	<i>c</i> -480
23432	1	<i>k</i> -1273	21835	4 d.*	<i>e</i> -1103 [<i>f</i>]	17771	1/2*	?
23420	1	<i>k</i> -1285	21773	4*	<i>k</i> -2932 [<i>e</i>]	17700	1*	<i>c</i> -608

ν 248 (1), 386 (2 b.), 474 (1), 593 (2), 861 (4), 970 (3), 1030 (4 b.), 1107 (4 doppelt), 1167 (4), 1212 (2), 1270 (2), 1280 (2), 1450 (5 b.), 1653 (8 s. b.), 1724 (10), 1840 (0?), 2832 (1), 2934 (5), 2979 (5 b.), 3053 (4 b.).

Tabelle 118.



Fumarsäurediäthylester



. Platte 394, 396, 397.

ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung
25750	1/2	<i>q</i> -1638	23498	4	<i>k</i> -1207	21769	1/4*	<i>e</i> -1169
25730	2	<i>q</i> -1658 [<i>p</i>]	23443	3	<i>k</i> -1262	21737	8 b.	<i>k</i> -2968
25695	1	<i>p</i> -1658	23398	0 b.	<i>i</i> -1118	21737	4*	<i>e</i> -1201 [<i>f</i>]
25663	3 b.	Hg; <i>q</i> -1725[<i>o</i>]	23338	1/2	<i>k</i> -1367	21682	4*	<i>e</i> -1256
25632	6 b.	Hg; <i>p</i> -1721[<i>o</i>]	23306	1/2	<i>i</i> -1210	21644	4	<i>k</i> -3061
24455	3 b.	<i>q</i> -2933 [<i>k</i>]	23251	4 b.	<i>k</i> -1454	21581	2	<i>i</i> -2935
24415	4 b.	Hg[<i>q</i> -2973; <i>p</i>]	23203	1/2	?	21562	2s.b.*	<i>e</i> -1376
24366	0	<i>o</i> -2927	22755	0*	<i>f</i> -240	21550	0*	<i>f</i> -1445
24294	1	<i>p</i> -3059	22686	2 b.*	<i>e</i> -252	21491	4 b.*	<i>e</i> -1447
24229	2 b.	<i>o</i> -3064	22152	0*	?	21339	1/2*	<i>f</i> -1656
23953	0 b.	<i>m</i> -1639	22074	4*	<i>e</i> -865	21297	4*	<i>e</i> -1641
23844	3	<i>k</i> -861	22045	4*	<i>e</i> -893	21283	8*	<i>e</i> -1655 [<i>f</i>]
23820	3	<i>k</i> -885	21954	0*	<i>f</i> -1041	21217	8 b.*	<i>e</i> -1721
23673	2 b.	<i>k</i> -1032	21906	3 b.*	<i>e</i> -1032	20110	0*	<i>e</i> -2828
23593	2 b.	<i>k</i> -1112	21829	3 b.*	<i>e</i> -1109	20003	3 b.*	<i>e</i> -2935
23534	0	<i>k</i> -1171	21769	5	<i>k</i> -2936	19954	3 b.*	<i>e</i> -2984

ν 246 (2 b.), 863 (4), 889 (3), 1032 (3 b.), 1113 (3 b.), 1170 (1/4)
 1206 (4 b.), 1259 (3), 1372 (2 s. b.), 1459 (4 b.), 1640 (4), 1657 (8)',
 1722 (8 b.), (2828) (0), 2935 (4 b.), 2984 (4 b.), 3062 (4).