

# Studien zum Ramaneffekt

## XXI. Das Ramanspektrum organischer Substanzen (Isomere Paraffinderivate, II)

Von

H. KOPPER, R. SEKA

und

K. W. F. KOHLRAUSCH

korresp. Mitglied der Akademie der Wissenschaften

Aus dem Physikalischen Institut der Technischen Hochschule in Graz

(Mit 3 Textfiguren)

(Vorgelegt in der Sitzung am 16. Juni 1932)

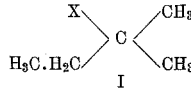
Die Untersuchung der einfach substituierten Paraffinderivate  $C_n H_{2n+1} \cdot X$  wurde fortgesetzt<sup>1</sup> und wir berichten im folgenden über die Ergebnisse an 9 Isobutylderivaten, an sekundärem Butylalkohol und, als Nachtrag zur letzten Mitteilung, an Isobuttersäure und tertiärem Amyljodid. Von diesen Substanzen sind unseres Wissens hier erstmalig beobachtet Isobutylamin, Isobutyljodid, Isobutylnitrat und -nitrit, Isobuttersäure und tertiäres Amyljodid. Die anderen Substanzen wurden schon von anderer Seite ausgemessen<sup>2</sup>, doch in den meisten Fällen ohne Kontrollbeobachtung mit gefiltertem Licht; daher halten wir in diesen Fällen unsere Angaben, die übrigens nicht wesentlich von den bisherigen Ergebnissen abweichen, durch die besser gestützte Zuordnung für die sicheren. Die Beschreibung der Substanzdarstellung, der Aufnahmebedingungen und der numerischen Ergebnisse ist in den Anhang verlegt.

In Fig. 1 sind die an den Isobutylderivaten beobachteten Ramanlinien graphisch zusammengestellt, wobei die Intervalle  $1700 < \Delta\nu < 2700$  und  $\Delta\nu > 3000 \text{ cm}^{-1}$  fortgelassen wurden. Die Spektren Nr. 1 bis 7 beziehen sich auf Moleküle, bei denen der Substituent X als eine einheitliche Gruppe aufgefaßt werden kann; bei den restlichen zwei Molekülen ist das nicht der Fall. Nur mit den ersteren, einfacheren Beispielen befaßt sich die weitere Diskussion.

<sup>1</sup> Die Mitteilungen I bis XXII sind in den Berichten der Akademie, Abt. IIa, abgedruckt; aus äußeren Gründen erscheinen die Mitteilungen ab Nr. XXIII in Abt. IIb.

<sup>2</sup> Vgl. S. R. E. („Smekal-Raman-Effekt“, Springer, 1931), Kapitel IX, sowie W. D. HARKINS und H. E. BOWERS, Phys. Rev., 38, 1845, 1931 (Isobutylbromid); J. WEILER, Zeitschr. f. Phys., 69, 586, 1931 (Isopentan).

Wie in Mitteilung XIX ausgeführt wurde, sind die Spektren 1, 2, 3 mit den Spektren 4, 5, 6, 7 nicht unmittelbar zu vergleichen. Wegen der nahen Gleichwertigkeit der endständigen Gruppen  $\text{CH}_3$ ,  $\text{NH}_2$ ,  $\text{OH}$  in bezug auf die Beeinflussung des Spektraltypus gehören diese Moleküle zum Typus I



in welchem ohne wesentliche Änderung der Schwingungen des aliphatischen Restes der Substituent  $\text{X} = \text{H}, \text{SH}, \text{Cl}, \text{Br}, \text{J}$  sein

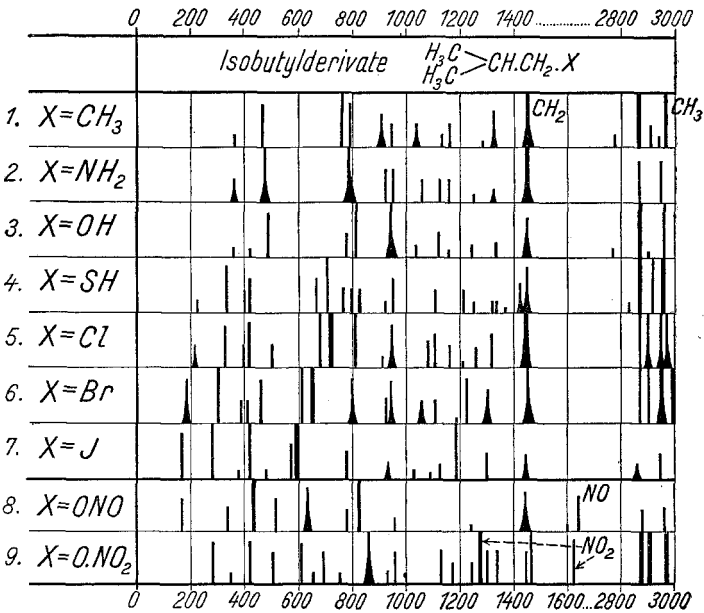
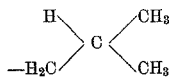
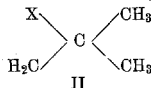


Fig. 1.

und eine der drei endständigen Methylgruppen durch  $\text{OH}$  oder  $\text{NH}_2$  ersetzt werden darf. Die Spektren 4, 5, 6, 7 dagegen haben den aliphatischen Rest



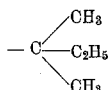
sind also wohl eher mit Molekülen vergleichbar von der Form II:



in denen wieder  $\text{X} = \text{H}, \text{SH}, \text{Cl}, \text{Br}, \text{J}$  sein und eine  $\text{CH}_3$ -Gruppe gegen  $\text{OH}$  oder  $\text{NH}_2$  ausgetauscht werden darf.

Die Aussagen der Fig. 2 und 3, in denen solche „vergleich-

bare“ Molekülspektren zusammengestellt sind, bestätigen diese Anschauung. Aus Fig. 2 ist abzulesen: Der allen Molekülen dieser Figur gemeinsamen Gruppe



kommen die durch den Substituenten X fast gar nicht beeinflussten Frequenzen zu:

$$\Delta\nu = 370 \text{ (s.)}, 480 \text{ (st.)}, 770 \text{ (st.)}, 800 \text{ (st.)}, 920 \text{ (m.)}, 1050 \text{ (m.)}, \\ 1130 \text{ (m.)}, 1170 \text{ (s.)}, 1270 \text{ (s.)}, 1330 \text{ (s.)}.$$

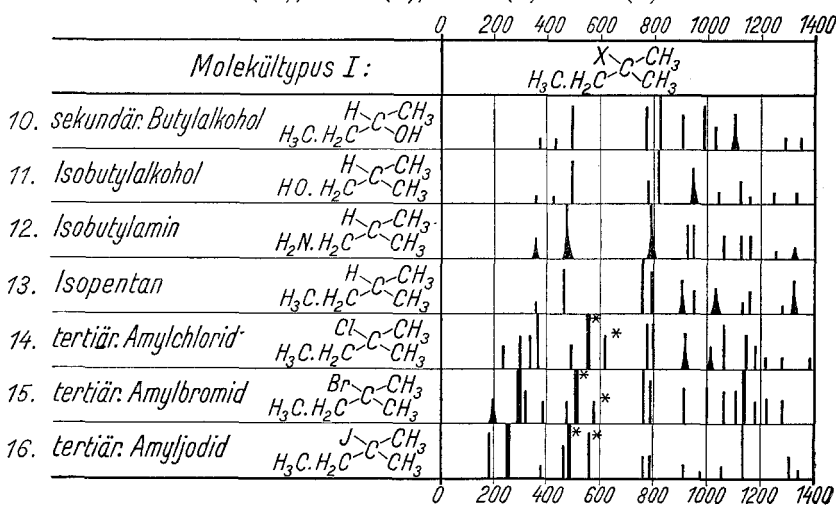


Fig. 2.

Nicht alle davon sind gleich sicher und gleich unempfindlich für die Wahl von X. Aus Fig. 3 liest man ab: Zur gemeinsamen Gruppe — C(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub> gehören die Frequenzen<sup>3</sup>:

$$\Delta\nu = 300 \text{ (?), } 400 \text{ (dopp.?)}, 810 \text{ (st.)}, 950 \text{ (m.)}, 1150 \text{ (st.)}, 1330 \text{ (m.)}.$$

Dabei scheint sich aber doch ein Unterschied einzustellen, je nachdem ob X tertiär (Nr. 20, 22, 24) oder primär (Nr. 21, 23, 25) substituiert ist; in letzterem Fall dürften die Frequenzen 950 und 1150 verdoppelt, die Frequenzen 1330 erniedrigt sein.

Die oben angeführten Zahlen für die Eigenschwingungen der aliphatischen Reste R in den betrachteten Alkylhaloiden R.X sind nur ungefähre; es kommt aber hier auch nicht auf genaue Zahlenwerte an, sondern auf die qualitative Feststellung: Alkyl-

<sup>3</sup> In Mitteilung XIX ist beim Zeichnen der Fig. 2 ein Irrtum unterlaufen; die Frequenzen 1322 und 1378 in Isopropylamin, sowie 1338 in Isopropylalkohol sind um 100 cm<sup>-1</sup> zu tief eingezeichnet.

haloide  $R \cdot X$  mit gleichem Rest  $R$  zeigen ein Schwingungsspektrum, in welchem sich eine mit der Unsymmetrie und Atomzahl von  $R$  wachsende Anzahl von Linien als nahezu unempfindlich gegen den Substituenten  $X$  erweist. Es ist naheliegend, diese Frequenzen den Schwingungsformen des Restes  $R$  zuzuweisen; sind diese aber unempfindlich gegen  $X$ , dann kann  $X$  an der zugehörigen Schwingungsbewegung nicht oder nur unwesentlich beteiligt sein. Dann muß es aber umgekehrt Schwingungsformen geben, für die die Bewegung des Restes nahezu einflußlos ist, die im wesentlichen durch den Substituenten  $X$  und seine Bewegung

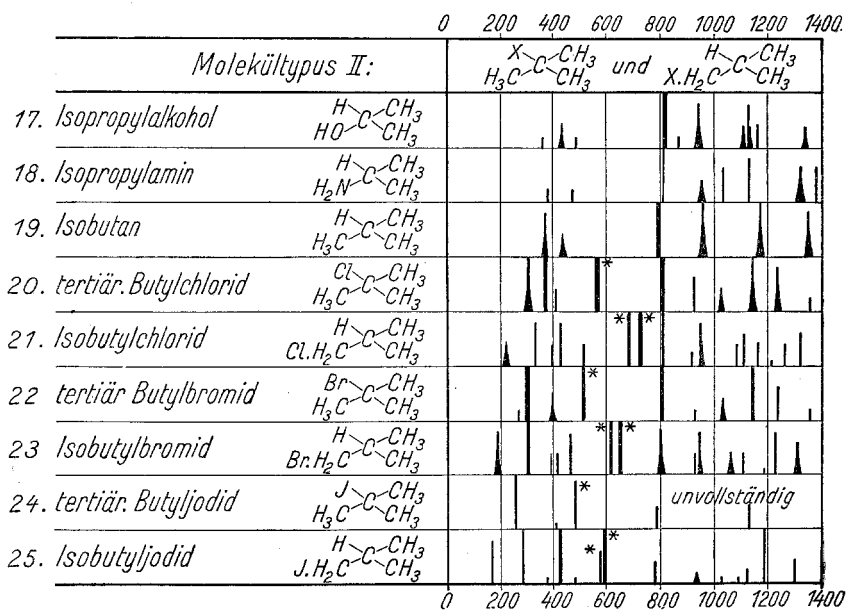


Fig. 3.

bestimmt werden und die man daher mit Recht als „X-Frequenzen“, also entweder als Deformationsfrequenzen (im Gebiete  $\Delta\nu < 500 \text{ cm}^{-1}$ ) oder als Valenzfrequenzen der Bindung C—X bezeichnen kann. Letztere sind in den Fig. 2 und 3 mit einem Stern bezeichnet und daran zu erkennen, daß sie bei Ersatz des H-Atomes in  $H \cdot R$  durch ein schweres Halogenatom im Frequenzbereich  $400 \text{ bis } 800 \text{ cm}^{-1}$  neu auftreten. In der nachfolgenden Mitteilung XXII werden in ähnlicher Art die Valenzfrequenzen der Bindung Kohlenstoff-Halogen für eine Anzahl anderer monosubstituierter Paraffine ermittelt; aus dem Verhalten dieser Frequenzen lassen sich dann Rückschlüsse auf die Bindung des Halogenatoms ziehen.

Die Mittel zu dieser Untersuchung stammen zum Teil von einer Unterstützung der Akademie der Wissenschaften in Wien; wir sprechen auch hier unseren herzlichsten Dank aus.

### Anhang.

#### A. Vorbehandlung der Substanzen.

Im folgenden sind die Kochpunkte (Kp.), wenn nichts anderes angegeben, auf 760 mm Druck reduziert; zum Vergleich sind die in der Literatur angeführten in Klammer dazugesetzt.

*Isopentan* (Tab. 151). Herkunft: Kahlbaum. Reinigung von fluoreszenten Beimengungen durch zweimaliges zehnstündiges Schütteln mit konzentrierter  $H_2SO_4$ , Waschen mit Wasser und verdünnter Natronlauge, Trocknen mit Chlorkalzium. Zweimalige Destillation. Kp. 29—30° (Lit. 30°).

*Isobutylalkohol* (Tab. 153). Herkunft: Kahlbaum. Kolonnendestillation; die Fraktion mit Kp. 107.4—107.6° (Lit. 108.4°) wird verwendet.

*Isobutylamin* (Tab. 153). Herkunft: Dr. Fraenkel - Dr. Landau. Einmalige Destillation. Kp. 67.1—68.1° (Lit. 68°).

*Isobutylmerkaptan* (Tab. 154). Herkunft: Dr. Fraenkel - Dr. Landau. Zweimalige Destillation. Kp. 87.3—88.3° (Lit. 88°).

*Isobutylchlorid* (Tab. 155). Herkunft: Kahlbaum. Getrocknet über  $CaCl_2$ . Dreimalige Destillation. Kp. 68.0—68.4° (Lit. 68.5°).

*Isobutylbromid* (Tab. 156). Herkunft: Kahlbaum. Getrocknet mit  $CaCl_2$ . Kp. 91.1—91.6° (Lit. 91.3°).

*Isobutyljodid* (Tab. 157). Herkunft: Dr. Fraenkel - Dr. Landau. Zweimalige Destillation. Kp. 118.7—119.2° (Lit. 120°). Vor der Aufnahme wird mit  $Hg + CaCl_2$  geschüttelt.

*Isobutylnitrit* (Tab. 158). Darstellung nach Gattermann, „Die Praxis der organischen Chemie“. Dreimalige Destillation. Kp. 66.1° (Lit. 66—68).

*Isobutylnitrat* (Tab. 159). Herkunft: Kahlbaum. Dreimalige Destillation. Kp. 122.4—123° (Lit. 123°).

*Isobuttersäure* (Tab. 160). Herkunft: Kahlbaum. Einmalige Destillation in der Kolonne. Kp. 154.5—154.7° (Lit. 155°).

*Sekundärer Butylalkohol* (Tab. 161). Herkunft: Kahlbaum. Einmalige Destillation in der Kolonne. Kp. 98.8—98.9° (Lit. 99°).

*Tertiäres Amyljodid* (Tab. 162). Die Angaben von A. MICHAEL (Lieb. Ann., 385, 251) zur Darstellung dieser Substanz haben sich als unbrauchbar erwiesen; die Ausbeuten nach seinem Verfahren waren minimale. Wir haben daher so gearbeitet, daß wir 30 g tertiären Amylalkohol in der Kältemischung auf Null Grad hielten und dazu 50 g auf Null Grad abgekühlte Jodwasserstoffsäure (Dichte 1.7) zufügten. Dann wurde während zwei Stunden bei dieser Temperatur ein mäßig lebhafter Strom von  $HJ$ -Gas eingeleitet. Nach dieser Zeit war die Reaktionsflüssigkeit streng in zwei Schichten getrennt; man gießt nun in Eiswasser und schüttelt zur Entfernung der Jodwasserstoffsäure durch. Das ausgeschiedene Jodid wird in  $CaCl_2$  getrocknet, durch Schütteln mit Quecksilber entfärbt und zunächst unter vermindertem Druck fraktioniert. Kp.: bei 24 mm 37°, bei 21 mm 35°, bei 42 mm 481°, bei 46 mm 50.2°; bei 760 mm 124.3—125.5° (Lit. 126.8 bis 127.1°).

## B. Die Spektralaufnahmen.

Bezüglich der Abkürzungen und Zeichenerklärung in der Tabelle der Aufnahmebedingungen und den anschließenden Tabellen 151—162 vergleiche man z. B. Mitteilung XVIII.

Tabelle der Aufnahmebedingungen.

Substanz	Tab.	<i>n</i>	Pl.-Nr.	<i>F</i>	$\vartheta$	Sp.	<i>t</i>	<i>U</i>	Str. Sp.	Bemerkung
Isopentan . . . . .	151	40 (1)	{ 667 668	m. F. o. F.	25° 25°	0·06 0·05	30 14	st. s.	m. m.	
Isobutylalkohol .	152	37 (1)	{ 647 648	m. F. o. F.	25° 25°	0·07 0·07	14 10	m. s.	s. s.	
Isobutylamin . .	153	17 (1)	{ 554 558	m. F. m. F.	25° 25°	0·08 0·08	16 11	s. st. st.	m. m.	
Isobutylmerkaptan	154	54 (1)	{ 651 652	m. F. o. F.	25° 25°	0·07 0·06	13 10	s. s.	st. st.	
Isobutylchlorid .	155	51	{ 625 626	m. F. o. F.	25° 25°	0·07 0·06	15 9	s. s.	st. st.	
Isobutylbromid .	156	60 (1)	{ 548 549	m. F. o. F.	25° 25°	0·08 0·08	14 8½	s. s.	st. st.	
Isobutyljodid . .	157	28	656	m. F.	25°	0·08	13	s. s.	m.	Zweimaliger Wechsel; Verfärbung
Isobutylnitrit . .	158	19	653	o. F.	25°	0·07	20	s.	s.	Wegen Gelbfärbung unterexponiert
Isobutylnitrat . .	159	51 (1)	{ 627 628	m. F. o. F.	25° 25°	0·07 0·07	15 9½	s. s. s.	m. s.	
Isobuttersäure . .	160	44 (2)	{ 680 681	m. F. o. F.	25° 25°	0·07 0·07	14 14	s. s. s. s.	s. st.	
Sek. Butylalkohol	161	45 (1)	{ 672 673	m. F. o. F.	25° 25°	0·07 0·07	14 14	s. s.	st. st.	
Tert. Amyljodid .	162	27 (2)	690	m. F.	25°	0·1	ca. 6½	s. s.	st.	Sechsmaliger Wechsel; Verfärbung

Tabelle 151.

Isopentan  $(\text{CH}_3)_2 \cdot \text{CH} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_3$ . Platte 667, 668.

$\nu'$	<i>I</i>	Zuordnung	$\nu'$	<i>I</i>	Zuordnung	$\nu'$	<i>I</i>	Zuordnung
24482	1	<i>q</i> —2906 [ <i>p</i> ]	22144	4*	<i>e</i> —794	21611	3 b.*	<i>e</i> —1327
24457	$\frac{1}{2}$	<i>q</i> —2931	22087	0*	<i>f</i> —908	21563	$\frac{1}{2}$	<i>i</i> —2953
24424	4 b.	<i>q</i> —2964 [ <i>o</i> ]	22034	3 b.*	<i>e</i> —904		$\frac{1}{2}$ *	<i>f</i> —1432
24393	1	<i>p</i> —2960	21990	2*	<i>e</i> —948	21493	6 b.*	<i>e</i> —1445
24358	0	<i>o</i> —2935	21930	1	<i>k</i> —2775	20070	5*	Hg; <i>e</i> —2868
24249	$\frac{1}{2}$ b.	<i>k</i> —456	21911	2 sb.*	<i>e</i> —1027	20032	2*	<i>e</i> —2906
23944	3	<i>k</i> —761	21836	10	<i>k</i> —2869	20003	1*	<i>e</i> —2935
23910	2	<i>k</i> —795	21802	1	<i>k</i> —2903	19978	4*	<i>e</i> —2960
23403	$\frac{1}{2}$	<i>k</i> —1302		1*	<i>e</i> —1136	17941	2*	<i>c</i> —367
23254	3 b.	<i>k</i> —1451	21777	2	<i>k</i> —2928	17844	3*	<i>c</i> —464
22573	1*	<i>e</i> —365		2*	<i>e</i> —1161	17544	4*	<i>c</i> —764
22526	$\frac{1}{2}$ *	<i>f</i> —469	21752	6	<i>k</i> —2953	17510	2*	<i>c</i> —798
22479	4*	<i>e</i> —459	21685	0*	?			
22178	5*	<i>e</i> —760	21655	1*	<i>e</i> —1283 [ <i>i</i> ]			

$\Delta\nu'$  366 (1), 469 (4), 762 (5), 796 (4), 906 (3 b.), (948) (2), (1027) (2 sb.), (1136) (1), (1161) (2), (1283) (0), 1327 (3 b.), 1448 (6 b.), (2775) (1), 2866 (10), 2905 (2), 2933 (1), 2958 (6).

Tabelle 152.

Isobutylalkohol  $(\text{H}_3\text{C})_2\text{HC} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{OH}$ . Platte 647, 648.

$\nu'$	<i>I</i>	Zuordnung	$\nu'$	<i>I</i>	Zuordnung	$\nu'$	<i>I</i>	Zuordnung
24483	1	<i>p</i> —2870 [ <i>p</i> ]	22085	$\frac{1}{2}$ *	<i>g</i> —954 ?	21562	$\frac{1}{2}$	<i>i</i> —2954
24424	2 b.	<i>q</i> —2964 [ <i>o</i> ]	22042	$\frac{1}{2}$ b.*	<i>f</i> —953	21484	4 b.*	<i>e</i> —1454
24208	0	<i>k</i> —497	21990	3 b.*	<i>e</i> —948	20067	4*	Hg; <i>e</i> —2871
23887	3	<i>k</i> —818	21936	$\frac{1}{2}$	<i>k</i> —2769	20036	0*	<i>e</i> —2902
23581	1	<i>k</i> —1124	21897	1*	<i>e</i> —1041	19977	3 b.*	<i>e</i> —2961
23555	$\frac{1}{2}$	<i>k</i> —1150	21834	8	<i>k</i> —2871	17941	2*	<i>c</i> —367
23370	0	<i>k</i> —1335	21822	2*	<i>e</i> —1116	17881	0*	<i>c</i> —427
23246	4 b.	<i>k</i> —1459	21805	$\frac{1}{2}$	<i>k</i> —2900	17812	3*	<i>c</i> —496
22582	$\frac{1}{2}$ *	<i>e</i> —356	21770	$\frac{1}{2}$ *	<i>e</i> —1168	17707	$\frac{1}{2}$ *	?
22515	0*	<i>e</i> —423	21752	6	<i>k</i> —2953	17520	$\frac{1}{2}$ *	<i>c</i> —788
22448	4*	<i>e</i> —490	21692	1*	<i>e</i> —1246	17490	4*	<i>c</i> —818
22161	2*	<i>e</i> —777	21650	3	<i>i</i> —2866			
22123	5*	<i>e</i> —815	21602	1*	<i>e</i> —1336			

$\Delta\nu'$  361 ( $\frac{1}{2}$ ), 425 (0), 494 (4), 782 (2), 817 (5), 953 (3 b.), (1041) (1), 1120 (2), 1159 ( $\frac{1}{2}$ ), (1246) (1), 1336 (1), 1457 (4 b.), (2769) ( $\frac{1}{2}$ ), 2869 (8), 2901 ( $\frac{1}{2}$ ), 2958 (6).

Tabelle 153.

Isobutylamin ( $H_3C)_2 \cdot CH \cdot CH_2 \cdot NH_2$ . Platte 554, 558.

$\nu'$	<i>I</i>	Zuordnung	$\nu'$	<i>I</i>	Zuordnung	$\nu'$	<i>I</i>	Zuordnung
23613	$\frac{1}{2}$	?	21986	3	<i>e</i> -952	21543	$\frac{1}{2}$	<i>f</i> -1452
23419	1	<i>e</i> +481	21934	0	<i>f</i> -1061	21488	8 b.	<i>e</i> -1450
22575	2 b.	<i>e</i> -363	21880	2	<i>e</i> -1058	20072	6	Hg; <i>e</i> -2866
22515	$\frac{1}{2}$ b.	<i>f</i> -480	21814	2	<i>e</i> -1124	19985	6	<i>e</i> -2953
22459	5 b.	<i>e</i> -479	21775	2	<i>e</i> -1163	19608	4 b.	Hg; <i>e</i> -3338
22146	5 b.	<i>e</i> -792	21682	$\frac{1}{2}$	<i>e</i> -1256	19522	6 b.	Hg; <i>e</i> -3416
22013	3	<i>e</i> -925	21613	1 sb.	<i>e</i> -1323			

$\Delta\nu'$  363 (2 b.), 480 (5 b.), 792 (5 b.), 925 (3), 952 (3), 1060 (2), 1124 (2), 1163 (2), 1256 ( $\frac{1}{2}$ ), 1323 (1 b.), 1451 (8 b.), 2866 (4), 2953 (4), 3338 (2 b.), 3416 (3 b.).

Tabelle 154.

Isobutylmerkaptan ( $H_3C)_2 \cdot CH \cdot CH_2 \cdot SH$ . Platte 651, 652.

$\nu'$	<i>I</i>	Zuordnung	$\nu'$	<i>I</i>	Zuordnung	$\nu'$	<i>I</i>	Zuordnung
24471	1 b.	<i>q</i> -2917	22600	4*	<i>e</i> -338	21749	10	<i>k</i> -2956
24428	4	<i>q</i> -2960	22571	0*	<i>f</i> -424	21727	2*	<i>e</i> -1211
24396	1	<i>p</i> -2957	22540	2*	<i>e</i> -398	21692	1*	<i>e</i> -1246
24368	$\frac{1}{2}$	<i>k</i> -337	22513	3*	<i>e</i> -425	21624	2 dopp.*	<i>e</i> -1314
24277	$\frac{1}{2}$	<i>k</i> -428	22271	3*	<i>e</i> -667	21569	0*	<i>e</i> -1369
24035	1	<i>k</i> -670	22229	5*	<i>e</i> -709	21560	2	<i>i</i> -2956
23998	2	<i>k</i> -707	22170	3*	<i>e</i> -768	21519	2 b.*	<i>e</i> -1419
23938	1	<i>k</i> -767	22137	2*	<i>e</i> -801	21490	4*	<i>e</i> -1448
23780	0	<i>k</i> -925	22131	8 b.	<i>k</i> -2574	20362	3*	<i>e</i> -2576
23747	$\frac{1}{2}$	<i>k</i> -958	22114	2*	<i>e</i> -824	20062	4*	Hg; <i>e</i> -2876
23483	$\frac{1}{2}$	<i>k</i> -1222	22014	2*	<i>e</i> -924	20017	2*	<i>e</i> -2921
23450	$\frac{1}{2}$	<i>k</i> -1255	21986	3*	<i>e</i> -952	19975	4*	<i>e</i> -2963
23386	1	<i>k</i> -1319	21946	1	<i>i</i> -2570	18081	2*	<i>c</i> -227
23369	1	<i>k</i> -1336	21876	0	<i>k</i> -2829	17967	4*	<i>c</i> -341
23335	$\frac{1}{2}$	<i>k</i> -1370	21836	8	<i>k</i> -2869	17903	1*	<i>c</i> -405
23278	2	<i>k</i> -1427	21830	2 b.*	<i>e</i> -1108	17876	3*	<i>c</i> -432
23249	3 b.	<i>k</i> -1456	21786	5	<i>k</i> -2919	17534	2*	<i>c</i> -774
22716	$\frac{1}{2}$ *	<i>e</i> -222	21767	$\frac{1}{2}$ *	?	17484	2*	<i>c</i> -824

$\Delta\nu'$  224 (1), 339 (4), 402 (2), 427 (3), 668 (3), 708 (5), 770 (2), 801 (2), 824 (2), 924 (1), 955 (3), (1108) (2), 1216 (2), 1250 (1), 1319 (1), 1336 (1), 1370 ( $\frac{1}{2}$ ), 1423 (2 b.), 1452 (4 b.), 2573 (8 b.), (2829) (0), 2872 (8), 2919 (5), 2958 (10).



Tabelle 155.  
Isobutylchlorid (H<sub>3</sub>C)<sub>2</sub>HC·CH<sub>2</sub>Cl. Platte 625, 626.

$\nu'$	<i>I</i>	Zuordnung	$\nu'$	<i>I</i>	Zuordnung	$\nu'$	<i>I</i>	Zuordnung
24484	2	<i>q</i> -2904 [ <i>k, p</i> ]	23159	0*	<i>e</i> +221	21763	8	<i>k</i> -2942
24444	2 b.	<i>q</i> -2944	22721	2 b.*	<i>e</i> -217	21737	7	<i>k</i> 2968
24418	3 b.	<i>q</i> -2970 [ <i>p, o</i> ]	22604	4*	<i>e</i> -334	21728	3*	<i>e</i> -1210
24403	2	<i>q</i> -2950 [ <i>o</i> ]	22567	1/2*	<i>f</i> -428	21675	2*	<i>e</i> -1263 [ <i>f</i> ]
24368	1/2	<i>k</i> -337	22535	2*	<i>e</i> -403	21622	3*	<i>e</i> -1316
24308	1/2	<i>k</i> -397	22513	4*	<i>e</i> -425	21555	1/2*	<i>f</i> -1440
24019	2	<i>k</i> -686	22425	2*	<i>e</i> -513	21489	8 b.*	<i>e</i> -1449
23978	4 b.	<i>k</i> -727	22255	6*	<i>e</i> -683	20061	6 b.*	Hg; <i>e</i> -2877
23892	2	<i>k</i> -813	22213	10*	<i>e</i> -725	20033	5 b.*	<i>e</i> -2905
23832	1/2	<i>i</i> -684	22127	5*	<i>e</i> -811	19982	7 b.*	<i>e</i> -2956
23784	1	<i>k</i> -921 [ <i>i</i> ]	22022	1*	<i>e</i> -916	19964	7 b.*	<i>e</i> -2974
23757	1/2	<i>k</i> -948	21991	4 b.*	<i>e</i> -947	18089	2 b.*	<i>c</i> -219
23587	1/2	<i>k</i> -1118	21852	2*	<i>e</i> -1086	17978	4*	<i>c</i> -330
23491	1/2	<i>k</i> -1214	21832	{ 5	<i>k</i> -2873	17889	5 b.*	<i>c</i> -419
23386	1 b.	<i>k</i> -1319		{ 3*	<i>e</i> -1106	17795	3*	<i>c</i> -513
23275	1*	<i>e</i> +337	21803	6	<i>k</i> -2902	17582	8*	<i>e</i> -726
23254	3 b.	<i>k</i> -1451	21771	2*	<i>e</i> -1167	17501	6*	<i>c</i> -807

$\Delta\nu'$  219 (2 b.), 336 (4), 400 (2), 424 (4), 513 (2), 684 (6), 726 (10), 810 (5), 919 (1), 948 (4 b.), (1086) (2), 1112 (3), (1167) (2), 1212 (0), (1263) (2), 1318 (3), 1447 (8 b.), 2875 (5), 2904 (5 b.), 2948 (7 b.), 2971 (7 b.).

Tabelle 156.  
Isobutylbromid (H<sub>3</sub>C)<sub>2</sub>CH·CH<sub>2</sub>Br. Platte 548, 549.

$\nu'$	<i>I</i>	Zuordnung	$\nu'$	<i>I</i>	Zuordnung	$\nu'$	<i>I</i>	Zuordnung
24485	2 b.	<i>q</i> -2903 [ <i>p</i> ]	23202	0.	<i>i</i> -1314	21798	5	<i>k</i> -2907
24428	5 b.	<i>q</i> -2960 [ <i>o</i> ]	23128	2 b.*	<i>e</i> +190	21768	0*	<i>f</i> -1227
24393	4 sb.	<i>p</i> -2995 [ <i>p, o, k</i> ]	22750	4 b.*	<i>e</i> -188	21754	10 b.	<i>k</i> -2951
24288	1/2	<i>k</i> -417 [ <i>o</i> ]	22694	1*	<i>f</i> -301	21746	1/2*	<i>e</i> -1192
24241	1	<i>k</i> -464	22634	6*	<i>e</i> -304	21714	{ 5	<i>k</i> -2991
24084	3	<i>k</i> -621	22544	2*	<i>e</i> -394		{ 3*	<i>e</i> -1224
24055	5	<i>k</i> -650 [ <i>i</i> ]	22521	2*	<i>e</i> -417 [ <i>f</i> ]	21639	3 b.*	<i>e</i> -1299 [ <i>i</i> ]
23899	2 b.	<i>k</i> -806 [ <i>i</i> ]	22470	4*	<i>e</i> -468	21561	2 b.	<i>i</i> -2955
23866	1	<i>i</i> -650	22424	0*	<i>g</i> -615	21494	5 sb.*	<i>e</i> -1444
23777	1/2	<i>k</i> -928	22378	1*	<i>f</i> -617	20067	4*	<i>e</i> -2871 [Hg]
23760	1 sb.	<i>k</i> -945	22345	1*	<i>f</i> -650	20032	3*	<i>e</i> -2906
23644	0	<i>k</i> -1061	22317	6*	<i>e</i> -621	19976	6 b.*	<i>e</i> -2962
23593	2	<i>k</i> -1112	22287	10*	<i>e</i> -651	19932	1*	<i>e</i> -3006
23559	0*	<i>e</i> +621	22135	4 b.*	<i>e</i> -803	18113	3*	<i>c</i> -195
23473	3	<i>k</i> -1232	22010	2*	<i>e</i> -928	18003	8*	Hg; <i>c</i> -305
23410	0*	<i>e</i> +472 [ <i>i</i> ]	21991	4 sb.*	<i>e</i> -947	17939	1/2*	<i>b</i> +611
23396	2 b.	<i>k</i> -1309	21942	0*	<i>f</i> -1053	17839	4*	<i>c</i> -469
23363	1/2	?	21879	2 b.*	<i>e</i> -1059	17680	4*	<i>c</i> -628
23242	{ 5 sb.	<i>k</i> -1463	21834	7	<i>k</i> -2871	17653	8*	<i>c</i> -655
			21830	2*	<i>e</i> -1108	17504	3*	<i>c</i> -804

$\Delta\nu'$  191 (4 b.), 304 (6), (394) (2), 417 (2), 468 (4), 619 (6), 651 (10), 804 (4 b.), 928 (2), 946 (4 sb.), 1058 (2 b.), 1110 (2), 1192 (1/2), 1227 (4), 1307 (3 b.), 1454 (5 sb.), 2871 (7), 2905 (5), 2957 (10 b.), 2997 (5).

Tabelle 157.  
Isobutyljodid  $(\text{H}_3\text{C})_2\text{HC} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{J}$ . Platte 656.

$\nu'$	<i>I</i>	Zuordnung	$\nu'$	<i>I</i>	Zuordnung	$\nu'$	<i>I</i>	Zuordnung
23539	$1/2^*$	<i>e</i> +601	22360	3*	<i>e</i> -578	20079	$1/2$ b.*	<i>e</i> -2859
23366	$1/2^*$	<i>e</i> +428	22340	8*	<i>e</i> -598	19985	2*	<i>e</i> -2953
23225	1*	<i>e</i> +287	22154	2*	<i>e</i> -784	18484	5 b.*	Hg; <i>c</i> +176
23113	2*	<i>e</i> +175	22001	1 b.*	<i>e</i> -937	18137	3*	<i>c</i> -171
22770	4*	<i>e</i> -168	21911	$1/2^*$	<i>e</i> -1027	18025	4*	Hg; <i>c</i> -283
22654	5*	<i>e</i> -284	21848	$1/2^*$	<i>e</i> -1090	17884	2*	<i>c</i> -424
22555	$1/2^*$	<i>e</i> -383	21813	1*	<i>e</i> -1125 [ <i>f</i> ]	17713	2*	<i>c</i> -594
22515	6*	<i>e</i> -423	21749	5*	<i>e</i> -1189	17615	2*	<i>b</i> +287
22455	0*	<i>e</i> -483	21639	2*	<i>e</i> -1299			
22401	0*	<i>f</i> -594	21492	2 b.*	<i>e</i> -1446			
$\Delta\nu'$	172 (4), 285 (5), (383) ( $1/2$ ), 425 (6), (483) (0), (578) (3), 596 (8) 784 (2), 937 (1 b.), 1027 ( $1/2$ ), 1090 ( $1/2$ ), 1125 (1), 1189 (5), 1299 (2), 1446 (2 b.), 2859 ( $1/2$ b.), 2953 (2).							

Tabelle 158.  
Isobutylnitrit  $(\text{H}_3\text{C})_2\text{HC} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{ONO}$ . Platte 653.

$\nu'$	<i>I</i>	Zuordnung	$\nu'$	<i>I</i>	Zuordnung	$\nu'$	<i>I</i>	Zuordnung
22514	$1/2^*$	<i>e</i> -424	21490	3 b.*	<i>e</i> -1448	17968	2*	<i>c</i> -340
22420	0*	<i>e</i> -518	21337	$1/2^*$	<i>e</i> -1601	17868	6*	<i>c</i> -440
22301	1 b.*	<i>e</i> -637	21298	3*	<i>e</i> -1640	17786	3*	<i>c</i> -522
22177	0?	<i>e</i> -761	20058	2*	<i>e</i> -2880	17671	4 b.*	<i>c</i> -637
22119	2*	<i>e</i> -819		Untergrund		17520	2*	<i>c</i> -788
21980	1*	<i>e</i> -958	19971	2*	<i>e</i> -2967	17477	5*	<i>c</i> -831
21698	$1/2^*$	<i>e</i> -1240	18134	3*	<i>c</i> -174			
$\Delta\nu'$	174 (3), 340 (2), 432 (6), 520 (3), 637 (4 b.), 780 (2), 825 (5), 958 (1), 1240 ( $1/2$ ), 1448 (3 b.), 1601 ( $1/2$ ), 1640 (3), 2880 (2), 2967 (2).							

Tabelle 159.  
Isobutylnitrat  $(\text{H}_3\text{C})_2 \cdot \text{CH} \cdot \text{CH}_2\text{O} \cdot \text{NO}_2$ . Platte 627, 628.

$\nu'$	<i>I</i>	Zuordnung	$\nu'$	<i>I</i>	Zuordnung	$\nu'$	<i>I</i>	Zuordnung
24481	0	<i>q</i> -2907	24007	$1/2$	<i>k</i> -698 [ <i>i</i> ]	23746	1	<i>k</i> -959
24419	3 sb.	<i>q</i> -2969 [ <i>k</i> ]	23949	$1/2$	<i>k</i> -756	23573	0	<i>k</i> -1132
24383	$1/2$	<i>p</i> -2970 [ <i>o</i> ]	23843	1 b.	<i>k</i> -862	23526	$1/2$	<i>k</i> -1179
24097	$1/2$	<i>k</i> -608	23778	1	<i>k</i> -927	23430	4	<i>k</i> -1275

(Fortsetzung Tabelle 159.)

$\nu'$	<i>I</i>	Zuordnung	$\nu'$	<i>I</i>	Zuordnung	$\nu'$	<i>I</i>	Zuordnung
23401	2	<i>k</i> —1304	22181	1*	<i>e</i> —757	21601	3*	<i>e</i> —1337
23364	2	<i>k</i> —1341	22122	1*	<i>f</i> —873	21570	0	?
23258	1/2	<i>k</i> —1447	22075	6 b.*	<i>e</i> —863	21482	6 b.*	<i>e</i> —1456
23244	3	<i>k</i> —1461	22009	1*	<i>e</i> —929	21312	4*	<i>e</i> —1626
23224	1*	<i>e</i> +286	21980	3*	<i>e</i> —958	20059	4*	Hg; <i>e</i> —2879
23079	2	<i>k</i> —1626	21834	7	<i>k</i> —2871	20029	3 b.*	<i>e</i> —2909
22659	4*	<i>e</i> —279	21805	3*	<i>e</i> —1133	19965	5*	<i>e</i> —2973
22587	1/2 *	<i>e</i> —351	21804	8	<i>k</i> —2901	18027	7*	Hg; <i>c</i> —281
22519	4 b.	<i>e</i> —419	21767	2*	<i>e</i> —1171	17964	2*	<i>c</i> —344
22434	3*	<i>e</i> —504	21737	8	<i>k</i> —2968	17888	5*	<i>c</i> —420
22331	4*	<i>e</i> —607	21692	2*	<i>e</i> —1246	17802	2*	<i>c</i> —506
22284	1*	<i>e</i> —654	21666	8*	<i>e</i> —1272	17700	5*	<i>c</i> —608
22245	3*	<i>e</i> —693	21638	3*	<i>e</i> —1300	17551	1/2 *	<i>a</i> +286

$\Delta\nu'$  283 (4), 347 (1), 420 (4), 505 (3), 608 (4), (654) (1), 695 (3), 757 (1), 866 (5 b.), 928 (1), 958 (3), 1133 (3), 1175 (2), (1246) (2), 1274 (8), 1302 (3), 1339 (3), 1447 (3), 1461 (5), 1626 (4), 2875 (7), 2906 (8), 2970 (8).

Tabelle 160.

Isobuttersäure (H<sub>3</sub>C)<sub>2</sub>CH.CO.OH. Platte 680, 681.

$\nu'$	<i>I</i>	Zuordnung	$\nu'$	<i>I</i>	Zuordnung	$\nu'$	<i>I</i>	Zuordnung
24475	1 b.	<i>p</i> —2878	22677	1 b.*	<i>e</i> —261	21831	8	<i>k</i> —2874
24445	0	<i>k</i> —260	22596	1 b.*	<i>e</i> —342	21781	10 b.	<i>k</i> —2924
24410	7 b.	<i>q</i> —2978	22433	4*	<i>e</i> —505	21729	10	<i>k</i> —2976
24373	2 b.	<i>p</i> —2980 [ <i>o, k</i> ]	22399	1*	<i>e</i> —539	21653	2 b.*	<i>e</i> —1285
24311	2	<i>o</i> —2982?	22329	1/2 b.*	<i>e</i> —609	21599	1 b.	<i>i</i> —2917
24198	0	<i>k</i> —507	22316	1/2 *	?	21540	1	<i>i</i> —2976
24007	0	<i>i</i> —509	22235	0*	<i>g</i> —804	21492	6 b.*	<i>e</i> —1446
23961	1/2	<i>k</i> —744	22197	3*	<i>e</i> —741 [ <i>f</i> ]	21289	4 b.*	<i>e</i> —1649
23903	5	<i>k</i> —802	22137	10*	<i>e</i> —801	20059	2*	<i>e</i> —2879
23791	1	<i>k</i> —914	22087	0*	<i>f</i> —908	20009	3 b.*	<i>e</i> —2929
23739	1/2	<i>k</i> —966	22028	4*	<i>e</i> —910 [ <i>f</i> ]	19959	3*	<i>e</i> —2979
23601	2 b.	<i>k</i> —1104	21980	3*	<i>e</i> —958	17811	0*	<i>c</i> —497
23418	2	<i>k</i> —1287	21945	0	?	17714	0*	<i>c</i> —594
23275	3 b.	<i>k</i> —1430	21884	0*	<i>e</i> —1054	17514	2*	<i>c</i> —794
23249	5 b.	<i>k</i> —1456	21837	2*	<i>e</i> —1101			

$\Delta\nu'$  261 (1 b.), 342 (1 b.), 505 (4), (539) (1), 602 (1/2 b.), 742 (3), 800 (10), 910 (4), 962 (3), (1054) (0), 1103 (2 b.), 1286 (2 b.), 1430 (3 b.), 1450 (5 b.), 1649 (4 b.), 2877 (8 b.), 2924 (10 b.), 2979 (10 b.).

Tabelle 161.

Sekundärer Butylalkohol  $\text{HO.HC} \begin{matrix} \text{CH}_3 \\ \diagdown \\ \text{C}_2\text{H}_5 \end{matrix}$ . Platte 672, 673.

$\nu'$	<i>I</i>	Zuordnung	$\nu'$	<i>I</i>	Zuordnung	$\nu'$	<i>I</i>	Zuordnung
24460	4 b.	<i>q</i> —2928	22556	$\frac{1}{2}$ *	<i>e</i> —382 [ <i>f</i> ]	21650	1*	<i>e</i> —1288
24419	6	<i>q</i> —2969 [ <i>p, o</i> ]	22503	1*	<i>e</i> —435 [ <i>f</i> ]	21612	0	?
24383	1	<i>p</i> —2970 [ <i>o</i> ]	22440	4*	<i>e</i> —498	21591	$\left\{ \begin{array}{l} 1 \\ 1^* \end{array} \right.$	<i>i</i> —2925
24355	1	<i>o</i> —2918	22219	$\frac{1}{2}$ *	<i>f</i> —776			<i>e</i> —1347
24318	2	<i>k</i> —387 [ <i>o</i> ]	22167	4*	<i>e</i> —771	21553	$\left\{ \begin{array}{l} 2 \\ 0^* \end{array} \right.$	<i>i</i> —2963
24210	0	<i>k</i> —495	22119	6*	<i>e</i> —819			<i>f</i> —1442
23933	2	<i>k</i> —772	22029	3*	<i>e</i> —909	21493	6 b.*	<i>e</i> —1445
23887	4	<i>k</i> —818	21978	$\frac{1}{2}$	<i>k</i> —2727	20060	5 b.*	Hg; <i>e</i> —2878
23797	2	<i>k</i> —908	21948	4*	<i>e</i> —990	20006	5 b.*	<i>e</i> —2932
23714	2	<i>k</i> —991	21910	2*	<i>e</i> —1028	19963	4*	<i>e</i> —2975
23674	$\frac{1}{2}$	<i>k</i> —1031	21832	$\left\{ \begin{array}{l} 7 \text{ b.} \\ 3 \text{ sb.}^* \end{array} \right.$	<i>k</i> —2873	17928	2*	<i>c</i> —380
23601	1 b.	<i>k</i> —1104			<i>e</i> —1106	17869	2*	<i>c</i> —439
23406	1	<i>k</i> —1299	21776	10 b.	<i>k</i> —2929	17804	4*	<i>c</i> —504
23354	$\frac{1}{2}$ b.	<i>k</i> —1351	21741	10	<i>k</i> —2964	17532	4*	<i>c</i> —776
23254	5 b.	<i>k</i> —1451	21650	1	<i>i</i> —2866	17481	5*	<i>c</i> —827

$\Delta\nu'$  383 (1), 437 (1), 499 (4), 774 (4), 822 (6), 908 (3), 990 (4), 1030 (2), 1105 (3 b.), 1294 (1), 1349 (1), 1446 (6 b.), (2727) ( $\frac{1}{2}$ ), 2872 (7 b.), 2929 (10 b.), 2968 (10).

Tabelle 162.

Tertiäres Amyljodid  $\text{J.C} \begin{matrix} \text{CH}_3 \\ \diagdown \\ \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_3 \\ \diagup \\ \text{CH}_3 \end{matrix}$ . Platte 690.

$\nu'$	<i>I</i>	Zuordnung	$\nu'$	<i>I</i>	Zuordnung	$\nu'$	<i>I</i>	Zuordnung
23197	4*	<i>e</i> +259	22024	1*	<i>e</i> —914	18557	8*	<i>c</i> +249
22755	$\frac{1}{2}$ *	<i>e</i> —183	21960	$\frac{1}{2}$ *	<i>e</i> —978	18121	4*	<i>c</i> —187
22681	8*	<i>e</i> —257	21882	1*	<i>e</i> —1056	18052	12*	<i>c</i> —256
22472	3*	<i>e</i> —466	21808	4*	<i>e</i> —1130	17925	1*	<i>c</i> —383
22451	4*	<i>e</i> —487	21631	2*	<i>e</i> —1307	17827	10 b.*	<i>c</i> —481
22419	0*	?	21596	0*	<i>e</i> —1342	17742	4*	<i>c</i> —566
22370	1*	<i>e</i> —568	21499	2 b.*	<i>e</i> —1439	17710	$\frac{1}{2}$ *	?
22175	2*	<i>e</i> —763	20046	$\frac{1}{2}$ *	<i>e</i> —2892	17170	5 b.*	<i>c</i> —1138
22148	2*	<i>e</i> —790	19964	0*	<i>e</i> —2972	17072	6*	<i>b</i> —256

$\Delta\nu'$  185 (4), 255 (10), (383) (1), (466) (3), 484 (10), 567 (4), 763 (2), 790 (2), 914 (1), 978 ( $\frac{1}{2}$ ), 1056 (1), 1134 (5), 1307 (2), 1342 (0), 1439 (2 b.), 2892 ( $\frac{1}{2}$ ), 2972 (0).