

Studien zum Ramaneffekt

XII. Das Ramanspektrum chlorierter Kohlenwasserstoffe

Von

MAX PESTEMER

Aus dem Physikalischen Institut der Technischen Hochschule in Graz

(Vorgelegt in der Sitzung am 20. November 1930)

Die Auswahl der Substanzen, deren Ramanspektren im folgenden mitgeteilt werden, geschah von dem Gesichtspunkt aus, die Schwingungsmöglichkeiten der Moleküle jener Reihe empirisch festzustellen, die sich mit Hilfe der vierwertigen C-Atome und der einwertigen H- und Cl-Atome aufbauen läßt, wenn der Reihe nach 1, 2, 3 usw. C-Atome verwendet werden. Eine Übersicht darüber, was diesbezüglich schon an Erfahrungsmaterial vorhanden war und was in der vorliegenden Arbeit wiederholt oder neu beobachtet wurde, gibt die folgende Zusammenstellung. In Rubrik I sind mit \times die schon von anderen Autoren bearbeiteten Substanzen gekennzeichnet, die Ziffern in Rubrik II beziehen sich auf die Tabellennummern der im folgenden untersuchten Verbindungen.

Als Spektrograph wurde ein LEISS'SCHES Modell für sichtbares Licht mit einer Dispersion von 186 cm^{-1} für 1 mm Linienabstand im blauen Spektralteil verwendet; durch Eichung mit He-, Ne-, Ar-, Hg- und endlich mit Linien von bereits bekannten Ramanspektren wurde eine Kurve angelegt, aus der die einer ausgemessenen Linie zugehörige Wellenzahl sich auf $\pm 1 \text{ cm}^{-1}$ direkt ablesen ließ. Die übrige Versuchsapparatur war die im hiesigen Institut übliche¹; für Beobachtungen speziell an tiefsiedenden Substanzen dienten Röhren von nur 11 mm innerer Länge und 8 cm Länge, deren Stirnfläche vom Glasbläser möglichst eben hergestellt war und deren ausgezogenes und schief aufgebogenes Ende nach Einfüllen der in einer entsprechenden Kältemischung verflüssigten Substanz abgeschmolzen wurde.

¹ Vgl. A. DADIEU und K. W. F. KOHLRAUSCH, Wiener Ber. 138, 1929: I., S. 41, II., S. 335, III., S. 419, IV., S. 607, V., S. 635, VI., S. 799; 139, 1930: VII., S. 77, IX., S. 165. Ferner Physikal. Ztschr. 30, 1929, S. 384, 31, 1930, S. 514. Chem. Ber. 63, 1930, S. 251, 1657.

Übersichtstabelle.

Name	Formel	I.	II.
1 Kohlenstoffatom:			
Methan	CH_4	×	—
Methylchlorid	CH_3Cl	×	—
Methylenchlorid	CH_2Cl_2	×	—
Chloroform	CHCl_3	×	—
Tetrachlorkohlenstoff	CCl_4	×	—
2 Kohlenstoffatome (gesättigt):			
Äthan	$\text{CH}_3 \cdot \text{CH}_3$	×	—
Äthylenchlorid	$\text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2\text{Cl}$	×	—
1, 2-Dichloräthan	$\text{CH}_2\text{Cl} \cdot \text{CH}_2\text{Cl}$	×	157
1, 1-Dichloräthan	$\text{CHCl}_2 \cdot \text{CH}_3$	—	158
Tetrachloräthan	$\text{CHCl}_2 \cdot \text{CHCl}_2$	×	—
Pentachloräthan	$\text{CHCl}_2 \cdot \text{CCl}_3$	×	159
Hexachloräthan	$\text{CCl}_3 \cdot \text{CCl}_3$	×	—
2 Kohlenstoffatome (ungesättigt):			
Äthylen	$\text{CH}_2 : \text{CH}_2$	×	—
1-Chloräthylen	$\text{CH}_2 : \text{CHCl}$	—	160
Cis-1, 2-Dichloräthylen	$\begin{array}{c} \text{H} > \text{C} = \text{C} < \text{H} \\ & \\ \text{Cl} & \text{Cl} \end{array}$	×	161
Trans-1, 2-Dichloräthylen	$\begin{array}{c} \text{H} > \text{C} = \text{C} < \text{Cl} \\ & \\ \text{Cl} & \text{H} \end{array}$	×	162
Trichloräthylen	$\text{CCl}_2 : \text{CHCl}$	×	—
Tetrachloräthylen	$\text{CCl}_2 : \text{CCl}_2$	×	—
3 Kohlenstoffatome (gesättigt):			
Propan	$\text{CH}_3 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_3$	×	—
1-Chlorpropan	$\text{CH}_2\text{Cl} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_3$	×	163
2-Chlorpropan	$\text{CH}_3 \cdot \text{CHCl} \cdot \text{CH}_3$	×	164
2, 2-Dichlorpropan	$\text{CH}_3 \cdot \text{CCl}_2 \cdot \text{CH}_3$	—	165
1, 1-Dichlorpropan	$\text{CHCl}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_3$	—	166
1, 2-Dichlorpropan	$\text{CH}_2\text{Cl} \cdot \text{CHCl} \cdot \text{CH}_3$	—	167
1, 3-Dichlorpropan	$\text{CH}_2\text{Cl} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2\text{Cl}$	—	168
(drei- und mehrfach substituierte fehlen)			
3 Kohlenstoffatome (ungesättigt):			
1-Chlorpropylen	$\text{CHCl} : \text{CH} \cdot \text{CH}_3$	—	169
2-Chlorpropylen	$\text{CH}_2 : \text{CCl} \cdot \text{CH}_3$	—	170
3-Chlorpropylen	$\text{CH}_2 : \text{CH} \cdot \text{CH}_2\text{Cl}$	×	171
(mehrfach substituierte fehlen)			
4 Kohlenstoffatome			
Isobutylchlorid	$(\text{CH}_3)_2 \cdot \text{CH} \cdot \text{CH}_2\text{Cl}$	×	—
Tertiäres Butylchlorid	$(\text{CH}_3)_3 \cdot \text{CCl}$	×	—
(Derivate höherer Kohlenwasserstoffe fehlen)			

Tabelle 157.
1, 2 - Dichloräthan.

ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung
25456	0 d.	<i>k</i> +751	23696	$\frac{3}{4}$ d.	<i>e</i> +758	22197	6	<i>e</i> -741
25363	$\frac{1}{2}$ d.	<i>k</i> +658	23649	$\frac{1}{2}$	<i>f</i> +654	22057	1	<i>e</i> -881 [<i>f</i>]
25012	2	<i>k</i> +307	23594	1	<i>e</i> +656	21999	2	<i>e</i> -939
24977	$\frac{1}{2}$ d.	<i>k</i> +272	23562	1 d.	<i>i</i> -954	21903	1 d.	?
24878	$\frac{1}{2}$ d.	?	23496	1 d.	?	21751	5	<i>k</i> -2954
24834	2 d.	Hg, <i>m</i> -758	23404	2	<i>k</i> -1301	21707	2 d.	<i>k</i> -2998
24435	5	<i>q</i> -2953 [<i>k</i>]	23358	$\frac{1}{2}$	<i>e</i> +420	21647	2	<i>e</i> -1291
24395	5 d.	<i>q</i> -2993 [<i>k, p</i>]	23273	2 d.	<i>k</i> -1432	21565	2	<i>i</i> -2951
24291	3 d.	<i>k</i> -414 [<i>o</i>]	23245	2 d.	<i>e</i> +307	21515	3 d.	<i>e</i> -1423
24217	1	<i>i</i> -299	23209	$\frac{1}{2}$	<i>i</i> -1307 [<i>e</i>]	19985	3	<i>e</i> -2953
24101	$\frac{1}{2}$	<i>i</i> -415	22676	$\frac{1}{2}$	<i>e</i> -262	19943	2 d.	<i>e</i> -2995
24051	4	<i>k</i> -654	22636	4	<i>e</i> -302 [<i>g</i>]	18007	3	Hg, <i>c</i> -301
24027	2 d.	<i>k</i> -678	22531	2	<i>e</i> -407	17905	2 d.	<i>c</i> -403
23951	5	<i>k</i> -754	22339	1	<i>e</i> -599 [<i>f</i>]	17648	3	<i>c</i> -660
23864	1	<i>i</i> -652	22287	5 d.	<i>e</i> -651 [<i>g</i>]	17615	3	Hg, <i>c</i> -693
23824	$\frac{3}{4}$	<i>k</i> -881	22257	2 d.	<i>e</i> -681 [<i>f</i>]	17557	3	<i>c</i> -751
23755	3 d.	<i>k</i> -950 [<i>i</i>]						

ν *267 ($\frac{1}{2}$), *302 (2), *414 (2), *655 (4), 679 (3), *749 (6), (881) ($\frac{3}{4}$), 946 (2), 1296 (2), 1428 (3), 2954 (5), 2997 (2).

Tabelle 158.
1, 1 - Dichloräthan.

ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung
24991	$\frac{1}{2}$ d.	<i>k</i> +286	23615	$\frac{1}{2}$	<i>k</i> -1090 [<i>e</i>]	21965	2 d.	<i>e</i> -973
24456	6	<i>q</i> -2932	23580	$\frac{3}{4}$	<i>e</i> +642	21889	$\frac{1}{2}$ d.	<i>e</i> -1045
24424	3 d.	<i>p</i> -2929 [<i>k</i>]	23476	0 d.	<i>i</i> -1040	21848	1 d.	<i>e</i> -1090
24403	5	<i>q</i> -2985	23434	$\frac{1}{2}$ d.	<i>k</i> -1271	21774	5	<i>k</i> -2931
24362	3 d.	<i>o</i> -2931 [<i>p</i>]	23350	$\frac{3}{4}$ d.	<i>k</i> -1355 [<i>e</i>]	21720	5 d.	<i>k</i> -2985 [<i>e</i>]
24302	4 d.	<i>q</i> -3086 [<i>o</i>]	23261	2 d.	<i>k</i> -1444	21667	1 d.	<i>e</i> -1271
24249	$\frac{1}{2}$	<i>i</i> -267	23217	2	<i>e</i> +279	21634	$\frac{1}{4}$ d.	<i>k</i> -3071
24115	$\frac{1}{2}$ d.	<i>i</i> -401	22661	4	<i>e</i> -277	21587	1 d.	<i>e</i> -1351 [<i>i</i>]
24062	5	<i>k</i> -643	22614	2 d.	<i>m</i> -2978 [<i>g</i> ?]	21506	2 d.	<i>e</i> -1432
24018	3 d.	<i>k</i> -687	22534	3	<i>e</i> -404	20015	1 d.	<i>e</i> -2923 [<i>f</i>]
23875	2 d.	<i>i</i> -641	22399	$\frac{1}{2}$ d.	<i>g</i> -640	19957	1 d.	<i>e</i> -2981 [<i>g</i>]
23825	1 d.	<i>i</i> -691	22357	1 d.	<i>f</i> -638	18039	3	<i>c</i> -269
23779	0?	?	22297	6	<i>e</i> -641	17914	2	<i>c</i> -394
23723	1	<i>k</i> -982	22253	4 d.	<i>e</i> -685	17678	3	<i>c</i> -630
23654	0 d.	<i>k</i> -1051						

ν *276 (4), 400 (3), *642 (6), *687 (4 d.), 978 (2), 1050 ($\frac{1}{2}$ d.), 1090 (1), (1229) (0), 1271 (1), 1353 ($\frac{3}{4}$ d.), 1438 (2 d.), 2929 (6), 2985 (5), (3071) ($\frac{1}{4}$).

1, 2 - Dichloräthan (Äthylenchlorid) (Tabelle 157).

Herstellung: Das käufliche Äthylenchlorid (Kahlbaum) wurde rektifiziert.

Aufnahmebedingungen: Spalt 0.05 mm; Stirnfläche der Beobachtungsröhre mit einer Sammellinse auf den Spektrographenspalt abgebildet; Expositionszeit 14 Stunden.

$n = 49$ (3), (d. h. das Spektrum zeigt 49 verschobene Linien, von denen drei unzugeordnet blieben).

Ein * vor der Ramanfrequenz ν' in den Tabellen bedeutet, daß diese auch blauverschoben auftritt.

1, 1 - Dichloräthan (Äthylenchlorid) (Tabelle 158).

Herstellung: Durch Chlorieren von Azetaldehyd mit Phosphorpentachlorid (BEILSTEIN, Handb. der organ. Chemie, I, 83; LIEBIGS Annalen der Chemie, 105, 323).

Aufnahmebedingungen: Wie bei 1, 2-Dichloräthan.

$n = 43$ (1).

Tabelle 159.
Pentachloräthan.

ν'_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν'_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν'_1	<i>I</i>	Zuordnung
25114	$\frac{1}{2}$	<i>k</i> +409	23980	1	<i>k</i> -725	22608	4	<i>e</i> -330
25067	0	?	23935	1	<i>i</i> -581	22587	1	<i>f</i> -408
25038	1	<i>k</i> +333	23904	1	<i>k</i> -801	22533	5	<i>e</i> -405
24988	0 d.	<i>k</i> +283	23886	2	<i>k</i> -819	22358	3	<i>e</i> -580
24948	1	<i>k</i> +243	23865	3	<i>k</i> -840	22213	1	<i>e</i> -725
24907	1	<i>k</i> +202	23879	1 d.	<i>k</i> -1026	22177	0 d.	<i>f</i> -818
24881	1 d.	<i>k</i> +176	23514	0	<i>e</i> +576	22113	4 b.	<i>e</i> -825
24776	2 d.	<i>m</i> -816	23492	$\frac{1}{2}$	<i>i</i> -1024	21922	1 d.	<i>e</i> -1016
24481	2	<i>k</i> -224	23447	$\frac{1}{2}$	<i>g</i> +408	21727	3	<i>k</i> -2978
24469	2	<i>k</i> -236	23399	0 d.	<i>f</i> +404	21537	0 d.	<i>i</i> -2979
24430	$\frac{1}{2}$ d.	<i>k</i> -275	23342	3	<i>e</i> +404	19957	1	<i>e</i> -2981
24407	3	<i>q</i> -2981	23266	3	<i>e</i> +328	18138	$\frac{1}{2}$	<i>c</i> -170
24382	3	<i>k</i> -323 [<i>p</i>]	23222	1 d.	<i>e</i> +284	18076	1	<i>c</i> -232
24303	5	<i>k</i> -402 [<i>o</i>]	23174	5	<i>e</i> +236	17982	1	<i>c</i> -326
24277	0	<i>i</i> -239	23114	2 d.	<i>e</i> +176	17906	2	<i>c</i> -402
24187	1	<i>i</i> -329	22759	3 d.	<i>e</i> -179 [<i>f</i>]	17734	1	<i>c</i> -574 [<i>b</i>]
24121	3	<i>k</i> -584 [<i>i</i>]	22703	3 b.	<i>e</i> -235 [<i>g</i>]	17667	0	<i>a</i> +402
24057	$\frac{1}{2}$ d.	<i>h</i> -278	22659	2 d.	<i>e</i> -279 [<i>f</i>]	17490	1 d.	<i>c</i> -818

ν' *174 (3), *224 (2), *236 (2), *281 (1 d.), *329 (4), *405 (5), *579 (3),
725 (1), 801 (1), 819 (2), 840 (3), 1022 (1 d.), 2980 (3).

Pentachloräthan (Tabelle 159).

Das „Kahlbaum“-Präparat wurde rektifiziert. Spalt 0.04 mm, Expositionszeit 4 Stunden.

$$n = 54 (1).$$

1-Chloräthylen (Vinylchlorid) (Tabelle 160).

Herstellung: Durch Zersetzen von 1,2-Dichloräthan mit Natriumhydroxyd (BEILSTEIN I, 186; Annalen 14, 30; Chem. Zentralblatt 1923, IV, 606).

Aufnahmebedingungen: Da die Substanz im ultravioletten Licht zu Kauprenchlorid polymerisiert, wurde das blauviolette Hg-Licht durch eine Chinosollösung weggefiltert, so daß nur die Hg-Linien *g*, *f*, *e*, *c* als Erregerlinien in Betracht kamen. Spalt 0.05 mm, Belichtungszeit 100 Minuten. Die Exposition mußte wegen Trübung vorzeitig abgebrochen werden.

Ergebnis: Die Aufnahme ist unterexponiert, konnte aber mangels weiterer Substanz nicht wiederholt werden.

$$n = 15 (0).$$

Tabelle 160.

1-Chloräthylen.

ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung
22541	2	<i>e</i> -397	21878	0 ?	<i>e</i> -1060	21393	0 ?	<i>f</i> -1602
22411	0	<i>e</i> -527	21838	1/4	<i>e</i> -1100	21337	2	<i>e</i> -1601
22315	0 b.	<i>e</i> -623	21752	0	<i>e</i> -1186	17913	1	<i>c</i> -395
22229	1 d.	<i>e</i> -709	21667	1	<i>e</i> -1271	17787	0	<i>c</i> -521
22035	0 ?	<i>e</i> -903	21583	1 b.	<i>e</i> -1355	17703	0 d.	<i>c</i> -605

ν 396 (2), 524 (0), 614 (0 b.), (709) (1), (903) (0), (1060) (0), (1100) (1/4), (1186) (0), (1271) (1), (1355) (1 b.), 1602 (2).

cis- und trans-Dichloräthylen (Tabelle 161 und 162).

Herstellung: Im käuflichen Dichloräthylengemisch (Kahlbaum) stellt sich laut Literaturangabe (BEILSTEIN I, S. 187, und Ergänzungsband) bei Stehen am Sonnenlicht mit 1 bis 2% Brom ein Gleichgewicht von 20% trans- und 80% cis-Form ein. Eben dieselbe Zusammensetzung konnte durch dreistündiges Bestrahlen mit intensivem Hg-Licht bei gleichem Br-Zusatz erreicht werden.

Aus diesem Gemisch wurde durch Dephlegmieren das trans-Dichloräthylen abgesondert. Aus dem Rückstand wurde durch Rektifizieren reines cis-Dichloräthylen gewonnen.

Tabelle 161.
cis-1, 2-Dichloräthylen.

ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung
24881	1	<i>k</i> +176	23119	5	<i>k</i> -1586 [<i>e</i>]	21544	1 d.	<i>k</i> -3161
24309	5	<i>q</i> -3079	22759	5	<i>e</i> -179	21440	2 d.	<i>i</i> -3076
24274	4	<i>k</i> -431 [<i>p</i>]	22592	$\frac{1}{2}$ d.	<i>f</i> -403	21352	6	<i>e</i> -1586 [<i>i</i>]
24213	5	<i>o</i> -3030	22529	5	<i>e</i> -409	21242	1 d.	<i>e</i> -1696 ?
23994	5	<i>k</i> -711	22373	4	<i>e</i> -565	20084	0 d.	?
23952	0	<i>i</i> -564	22285	$\frac{3}{4}$	<i>f</i> -710	19863	3	<i>e</i> -3075
23895	0	<i>k</i> -810	22228	7	<i>e</i> -710 [<i>g</i>]	19777	0	<i>e</i> -3161
23830	$\frac{1}{2}$	<i>k</i> -875	22129	$\frac{1}{2}$	<i>e</i> -809	18137	2	<i>c</i> -171
23798	1	<i>i</i> -718	22061	1	<i>e</i> -877	17907	2	<i>c</i> -401
23646	$\frac{1}{2}$	<i>i</i> -870	21816	0 d.	<i>f</i> -1179	17752	1	<i>c</i> -556
23522	5	<i>k</i> -1183	21758	6	<i>e</i> -1182	17615	2	Hg, <i>c</i> -693
23341	3 b.	<i>i</i> -1175 [<i>e</i>]	21629	7	<i>k</i> -3076	17508	0	<i>c</i> -800
ν	*175 (5), *404 (5), 565 (4), 712 (6), 806 ($\frac{1}{2}$), 874 (1), 1181 (6), 1586 (5), (1696) (1), 3078 (7), 3161 (1).							

Tabelle 162.
trans-1, 2-Dichloräthylen.

ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung
25061	1	<i>k</i> +356	23665	0	<i>i</i> -851	21837	0 d.	?
24842	$\frac{1}{2}$	Hg	23523	1 d.	<i>k</i> -1182	21766	1 d.	<i>e</i> -1172 [<i>g</i>]
24426	1 d.	?	23434	3	<i>k</i> -1271	21735	$\frac{1}{2}$ d.	<i>f</i> -1260
24357	3 d.	<i>k</i> -348	23291	2	<i>e</i> +353	21674	4	<i>e</i> -1264
24313	4	<i>q</i> -3057	23249	1 d.	<i>i</i> -1267	21639	4	<i>k</i> -3066
24276	4	<i>p</i> -3075	23132	3 d.	<i>k</i> -1573	21564	1 d.	<i>k</i> -3141
24217	4 d.	<i>o</i> -3076	22644	0	<i>f</i> -351	21447	1 d.	<i>i</i> -3069
24167	$\frac{1}{2}$	<i>i</i> -349	22584	4	<i>e</i> -354	21365	4	<i>e</i> -1573
23994	1	<i>k</i> -711	22533	0 d.	?	21313	$\frac{1}{2}$	<i>e</i> -1625
23944	2 d.	<i>k</i> -761	22230	2	<i>e</i> -708 [<i>f</i>]	21244	$\frac{1}{2}$	<i>e</i> -1694
23860	3	<i>k</i> -845	22178	2 d.	<i>e</i> -760	19870	1	<i>e</i> -3068
23749	0	<i>i</i> -767	22096	3	<i>e</i> -842	17957	2	<i>c</i> -351
ν	*352 (4), 710 (1), 763 (2), 846 (3), 1182 (1), 1266 (4), 1573 (4), (1625) ($\frac{1}{2}$), (1694) ($\frac{1}{2}$), 3071 (4), (3141) (1).							

Aufnahmebedingungen: Spalt 0.04 mm; Expositionszeit 4 Stunden.

Ergebnis: Die verschobenen Linien erscheinen bei beiden Substanzen deutlich in den fast untergrundfreien Spektren.

cis $n = 36$ (1); trans $n = 36$ (3).

Tabelle 163.

1-Chlorpropan.

ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung
24480	4 d.	<i>p</i> -2837	23453	0	?	21918	3	<i>e</i> -1020
24455	5 d.	<i>q</i> -2933	23416	0 d.	<i>k</i> -1289 [<i>i</i>]	21837	5 d.	<i>k</i> -2868 [<i>e</i>]
24432	6 d.	<i>p</i> -2921 [<i>o</i>]	23367	0 d.	<i>k</i> -1338	21767	7 b.	<i>k</i> -2938 [<i>g</i>]
24392	4 d.	<i>o</i> -2901	23285	4 d.	<i>k</i> -1420	21653	1 d.	<i>e</i> -1285 [<i>i</i>]
24292	2 d.	<i>k</i> -413	22798	3 d.	Hg	21598	1 d.	<i>e</i> -1340
24150	1	Hg, <i>i</i> -366	22647	2 d.	<i>m</i> -2945	21568	1 d.	<i>i</i> -2948
24048	5	<i>k</i> -657	22577	4	<i>e</i> -361 [<i>f</i>]	21504	5 d.	<i>e</i> -1434
23980	3 d.	<i>k</i> -725	22518	1	<i>e</i> -420	20073	2 d.	<i>e</i> -2866
23919	2 ¹ / ₂	<i>k</i> -786	22350	1	<i>f</i> -645	20000	3 b.	<i>e</i> -2938
23853	2 b.	<i>k</i> -847 [<i>i</i>]	22295	6	<i>e</i> -643	17947	1	<i>c</i> -361
23794	1 b.	<i>i</i> -722	22216	4	<i>e</i> -722	17886	0	<i>c</i> -422
23728	0 d.	<i>i</i> -788	22153	2	<i>e</i> -785	17796	0 ?	?
23674	3	<i>k</i> -1031	22088	2	<i>e</i> -850	17658	2 d.	<i>c</i> -650
23600	0 d.	<i>k</i> -1105	22045	2	<i>e</i> -893	17518	0 d.	<i>c</i> -790
23493	0	<i>i</i> -1023	21972	1 d.	<i>f</i> -1023			

ν 362 (4), 418 (2), 649 (6), 723 (4), 787 (2), 849 (2), (893) (2), 1024 (3), (1105) (0), (1287) (1), 1339 (1), 1432 (5), 2867 (4), 2942 (6).

1-Chlorpropan (*n*-Propylchlorid) (Tabelle 163).

Das käufliche Propylchlorid (Kahlbaum) wurde rektifiziert. Spalt 0.05 mm, Expositionszeit 4 Stunden.

Die verschobenen Linien sind etwas diffus. Die Linien $\nu = 24480$ bis 24292 cm^{-1} sind, da sie fast vollständig in ein schwarzes Kontinuum übergehen, ungenau meßbar und werden zur Mittelwertbildung nicht herangezogen. $n = 44$ (2).

2-Chlorpropan (Isopropylchlorid) (Tabelle 164).

Das käufliche Isopropylchlorid (Kahlbaum) wurde rektifiziert. Spalt 0.05 mm, Expositionszeit 4 Stunden.

Die Linien $\nu_1 = 24479$ bis 24295 cm^{-1} gehen stark ineinander über und werden zur Mittelwertbildung nicht herangezogen.
 $n = 44$ (1).

Tabelle 164.
 2-Chlorpropan.

ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung
25324	$\frac{1}{2}$ d.	<i>k</i> +619	23574	$\frac{1}{2}$ d.	?	21785	5 b.	<i>k</i> -2920 [<i>e</i>]
25134	$\frac{1}{4}$ d.	<i>k</i> +429	23552	1 d.	<i>k</i> -1153 [<i>e</i>]	21732	4 d.	<i>k</i> -2973
25051	$\frac{1}{4}$ d.	<i>k</i> -346	23451	2 d.	<i>k</i> -1254 [<i>i</i>]	21694	1 d.	<i>e</i> -1244
24479	4 d.	<i>p</i> -2874	23377	1 d.	<i>k</i> -1328 [<i>e</i>]	21656	0	<i>i</i> -2860
24456	4 d.	<i>q</i> -2932	23265	3 d.	<i>k</i> -1440 [<i>e</i>]	21606	1 d.	<i>i</i> -2910 [<i>e</i>]
24423	4 b.	<i>q</i> -2965 [<i>o, p</i>]	22603	2 $\frac{1}{2}$	<i>e</i> -335	21549	0 d.	<i>i</i> -2967
24372	4 d.	<i>k</i> -333 [<i>o, p</i>]	22517	2	<i>e</i> -421	21501	4	<i>e</i> -1437
24295	2 d.	<i>o</i> -2998	22434	0	<i>g</i> -605	20075	$\frac{3}{4}$ d.	<i>e</i> -2863 [<i>f, g</i>]
24284	1 d.	<i>k</i> -421	22390	$\frac{1}{2}$ d.	<i>f</i> -605	20017	2 d.	<i>e</i> -2921
24218	0 d.	<i>k</i> -487	22330	5	<i>e</i> -608	19967	1 d.	<i>e</i> -2971
24179	$\frac{1}{2}$ d.	<i>i</i> -337	22057	2	<i>e</i> -881	17974	2 d.	<i>e</i> -334
24092	5	<i>k</i> -613	21986	$\frac{1}{2}$ d.	<i>g</i> -1053	17880	1 d.	<i>c</i> -428
23902	2 d.	<i>i</i> -614	21943	0	<i>f</i> -1052	17820	0	<i>c</i> -488
23820	2 d.	<i>k</i> -885	21886	1 d.	<i>e</i> -1052 [<i>g</i>]	17697	3 d.	<i>c</i> -611
23643	2 d.	<i>k</i> -1062	21845	2 d.	<i>k</i> -2860 [<i>f</i>]			

ν *338 (3), *425 (2), 487 (0), *611 (5), 883 (2), 1055 (2), (1153) (1), 1249 (1), (1328) (1), 1438 (4), (2862) (2), 2921 (5 d.), 2972 (4 d.).

2, 2 - Dichlorpropan (Chlorazetol) (Tabelle 165).

Herstellung: Durch Chlorieren von Azeton mit Phosphor-pentachlorid (BEILSTEIN I, S. 105; Annalen 134, S. 263; 142, S. 315).

Aufnahmebedingungen: Spalt 0.05 mm. Stirnfläche der Beobachtungsröhre auf den Spektrographenspalt abgebildet. Expositionszeit 9 Stunden.

$n = 36$ (0).

1, 1 - Dichlorpropan (Propylidenchlorid) (Tabelle 166).

Herstellung: Durch Chlorieren von Propylaldehyd mit Phosphor-pentachlorid (BEILSTEIN I, S. 105; Ann. chim. phys. [5] 14, S. 458).

Aufnahmebedingungen: Spalt 0.05 mm; Expositionszeit 4 Stunden.

$n = 54$ (0).

Tabelle 165.
2, 2-Dichlorpropan.

ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung
24455	6 d.	<i>q</i> -2933 [<i>k</i>]	23266	$\frac{3}{4}$ d.	<i>k</i> -1439	21832	2 d.	<i>e</i> -1106 [<i>f</i>]
24420	4 d.	<i>q</i> -2968 [<i>p, k</i>]	23187	1 d.	Hg, <i>e</i> +249	21773	6 d.	<i>k</i> -2932 [<i>e</i>]
24382	4 d.	<i>p</i> -2971	22783	1 d.	<i>g</i> -256	21714	4 b.	<i>k</i> -2991
24360	4 d.	<i>o</i> -2993	22679	4 d.	<i>e</i> -259 [<i>g</i>]	21657	$\frac{1}{2}$ d.	<i>k</i> -3048
24305	3 d.	<i>p</i> -3048 [<i>o</i>]	22650	2 d.	<i>e</i> -288 [<i>f</i>]	21587	1 d.	<i>i</i> -2929
24051	2 d.	<i>k</i> -654	22572	4 d.	<i>e</i> -366	21502	2 d.	<i>e</i> -1436
23959	1 d.	<i>i</i> -557	22437	$\frac{1}{4}$ d.	<i>f</i> -558	20014	1 d.	<i>e</i> -2924 [<i>f</i>]
23786	$\frac{1}{2}$ d.	<i>k</i> -919	22379	6 d.	<i>e</i> -559 [<i>g</i>]	19957	$\frac{1}{2}$ d.	<i>e</i> -2981
23592	1 d.	<i>k</i> -1113 [<i>i, e</i>]	22284	4 d.	<i>e</i> -654	18058	2 d.	<i>c</i> -250
23551	$\frac{3}{4}$ d.	<i>k</i> -1154	22029	2 d.	<i>e</i> -909	17953	2 d.	<i>c</i> -355
23495	$\frac{3}{4}$ d.	<i>i</i> -1021	21975	1 d.	<i>e</i> -963	17761	2 d.	<i>c</i> -547
23306	$\frac{1}{2}$ d.	<i>e</i> +368 [<i>h</i>]	21936	$\frac{3}{4}$ d.	<i>g</i> -1103	17668	1 d.	<i>c</i> -640

ν *253 (4), (287) (2), *356 (4) *555 (6), *650 (5), 914 (2), (963) (1), 1110 (1), (1159) (1), 1438 (2), 2931 (5), 2981 (4 b.), (3048) ($\frac{1}{2}$).

Tabelle 166.
1, 1-Dichlorpropan.

ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung
24990	1 d.	<i>k</i> -285	23629	$2\frac{1}{2}$	<i>k</i> -1076	22192	4	<i>e</i> -746 [<i>f</i>]
24939	$\frac{1}{4}$ d.	<i>m</i> -653	23590	1 d.	<i>k</i> -1115	22130	3	<i>e</i> -808
24898	$\frac{1}{4}$ d.	<i>m</i> -694	23483	2 d.	<i>i</i> -1033	22043	1 b.	<i>e</i> -895
24846	$\frac{3}{4}$ d.	Hg, <i>m</i> -746	23431	$\frac{3}{4}$ d.	<i>k</i> -1284	21962	1	<i>f</i> -1033
24451	5 b.	<i>q</i> -2937	23366	$\frac{3}{4}$ d.	<i>k</i> -1339	21911	2	<i>e</i> -1027
24414	5 b.	<i>q</i> -2974 [<i>k, p</i>]	23325	$2\frac{1}{2}$ d.	<i>e</i> +387	21867	$1\frac{1}{2}$ d.	<i>e</i> -1071
24248	1 d.	<i>i</i> -268	23274	2 d.	<i>k</i> -1431	21824	2 d.	<i>e</i> -1114
24181	$2\frac{1}{2}$	<i>k</i> -524	23212	2 d.	<i>e</i> +274	21770	6	<i>k</i> -2935
24132	1 d.	<i>i</i> -384	22716	2 d.	<i>f</i> -279	21722	5	<i>k</i> -2983 [<i>f</i>]
24058	4	<i>k</i> -647	22660	4 b.	<i>e</i> -278	21655	$1\frac{1}{2}$ d.	<i>e</i> -1283 [<i>f</i>]
24015	3	<i>k</i> -690	22613	1 d.	<i>f</i> -382	21588	2 d.	<i>e</i> -1350 [<i>i</i>]
23963	4	<i>k</i> -742	22554	5 b.	<i>e</i> -384	21493	$2\frac{1}{2}$ d.	<i>e</i> -1445
23897	2	<i>k</i> -808	22472	$\frac{1}{4}$	<i>f</i> -523	20062	1 d.	<i>f</i> -2933 [<i>g</i>]
23867	$\frac{3}{4}$	<i>i</i> -649	22424	3	<i>e</i> -514	20006	3 d.	<i>e</i> -2932 [<i>f</i>]
23826	$1\frac{1}{2}$ d.	<i>i</i> -690	22392	0	<i>g</i> -647	19957	2 d.	<i>e</i> -2981
23768	$\frac{1}{2}$	<i>i</i> -748	22344	$\frac{1}{2}$	<i>f</i> -651 [<i>g</i>]	17924	3 d.	<i>c</i> -384
23704	$\frac{1}{2}$	<i>i</i> -812	22292	4	<i>e</i> -646 [<i>g</i>]	17845	1 d.	<i>b</i> +517
23672	3 d.	<i>k</i> -1033	22252	$3\frac{1}{2}$	<i>e</i> -686 [<i>f</i>]	17804	1 d.	<i>c</i> -504

ν 277 (4), *383 (5 b.), *516 (3), 648 (4), 691 (3), 745 (4), 809 (3), (895) (1 b.), 1032 (3), 1074 (2), 1114 (2), 1284 (1), (1339) (1), 1438 (2 d.), 2936 (6), 2976 (5).

1, 2-Dichlorpropan (Propylenchlorid) (Tabelle 167).

Herstellung: Durch Chlorieren von Propylchlorid mit Antimonpentachlorid (BEILSTEIN I, S. 105; J. prakt. Chem. [2] 46, S, 175).

Aufnahmsbedingungen: Spalt 0.04 mm; Expositionszeit 4 Stunden.

$$n = 62 \text{ (5)}.$$

Tabelle 167.

1, 2-Dichlorpropan.

ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung
24462	3	<i>q</i> -2926	23360	$\frac{1}{2}$	<i>k</i> -1345 [<i>e</i>]	21716	3 d.	<i>k</i> -2989 [<i>f</i>]
24427	4 b.	<i>q</i> -2961 [<i>k, p</i>]	23276	$\frac{3}{4}$ d.	<i>k</i> -1429	21664	$\frac{1}{2}$ d.	<i>e</i> -1274
24398	3	<i>q</i> -2990 [<i>p</i>]	23256	$\frac{3}{4}$ d.	<i>k</i> -1449	21633	0?	?
24292	2 d.	<i>k</i> -413 [<i>o</i>]	23224	$\frac{3}{4}$ d.	<i>e</i> +286	21593	$\frac{1}{4}$ d.	<i>i</i> -2923 [<i>e</i>]
24237	0 d.	<i>k</i> -468 [<i>i</i>]	22654	2	<i>e</i> -284	21560	1 d.	<i>i</i> -2956 [<i>f</i>]
24174	0	<i>k</i> -531	22583	2 d.	<i>e</i> -355 [<i>f</i>]	21499	2 b.	<i>e</i> -1439
24084	2 d.	<i>k</i> -621	22524	2	<i>e</i> -414 [<i>f</i>]	21433	0?	?
24034	$\frac{1}{2}$ d.	<i>k</i> -671	22470	$\frac{1}{4}$ d.	<i>e</i> -468 [<i>f</i>]	21392	0?	?
23966	4	<i>k</i> -739	22414	$\frac{1}{2}$ d.	<i>e</i> -524 [<i>g</i>]	20126	0?	<i>g</i> -2913
23917	0?	?	22379	$\frac{1}{4}$	<i>f</i> -616	20077	$\frac{3}{4}$	<i>f</i> -2918 [<i>g</i>]
23894	0	<i>k</i> -811 [<i>i</i>]	22317	3	<i>e</i> -621	19998	2 b.	<i>e</i> -2940 [<i>f</i>]
23836	0	<i>k</i> -869	22269	2 d.	<i>e</i> -671	19950	1	<i>e</i> -2988
23787	$\frac{1}{4}$	<i>k</i> -918 [<i>i</i>]	22202	5	<i>e</i> -736	19748	0?	?
23767	$\frac{3}{4}$	<i>i</i> -749	22127	$\frac{1}{4}$ d.	<i>e</i> -811 [<i>f</i>]	18024	2	Hg, <i>c</i> -284
23737	0?	<i>k</i> -968	22076	$\frac{1}{2}$ d.	<i>e</i> -862	17957	1	<i>c</i> -351
23688	0 d.	<i>k</i> -1017 [<i>e</i>]	22030	$\frac{1}{2}$	<i>e</i> -908	17886	1	<i>c</i> -422
23633	$\frac{1}{2}$ d.	<i>k</i> -1072	21972	0	<i>e</i> -966	17848	0?	<i>c</i> -460
23593	0 d.	<i>k</i> -1112	21925	1 d.	<i>e</i> -1013	17784	$\frac{1}{2}$	<i>c</i> -524
23506	0	<i>i</i> -1010	21867	$\frac{1}{2}$ d.	<i>e</i> -1071	17697	$\frac{3}{4}$	<i>c</i> -611
23468	0	<i>e</i> +530	21822	1 d.	<i>e</i> -1116	17568	1	<i>c</i> -740
23426	$\frac{1}{2}$	<i>k</i> -1279	21763	5 b.	<i>k</i> -2942			

ν' *285 (2), 353 (2), 418 (2), 464 (0), 527 (1), 617 (3), 671 (2), 738 (5), (811) (0), 866 (0), 913 (1), 967 (0), 1014 (1), 1072 (1 d.), 1114 (1 d.), 1277 (1), (1345) (0), 1429 (2), 1449 (2), 2920 (5), 2959 (5), 2989 (3).

1, 3-Dichlorpropan (Trimethylenchlorid) (Tabelle 168).

Herstellung: Durch Umsetzen von Trimethylenbromid mit Quecksilberchlorid im Überschuß (BEILSTEIN I, S. 105; Ann. chim. phys. [5] 14, S. 460).

Aufnahmsbedingungen: Spalt 0.03 mm; Expositionszeit 10 Stunden.

Ergebnis: Infolge eines auftretenden diffusen Untergrundes, der auch bei mehrmaliger Reinigung der Substanz nicht verschwand, treten die verschobenen Linien nur verhältnismäßig schwach hervor; daher die geringe Intensität der Ramanfrequenzen.

$$n = 53 \text{ (5).}$$

Tabelle 168.

1, 3-Dichlorpropan.

ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung
24894	0?	?	23421	0	<i>i</i> -1095	21988	0	<i>e</i> -950
24474	1 d.	<i>q</i> -2914	23370	0	<i>k</i> -1335 [<i>e</i>]	21884	0 d.	?
24429	3 d.	<i>q</i> -2959 [<i>p, k</i>]	23272	1/2 d.	<i>k</i> -1433	21848	0 d.	<i>e</i> -1090
24391	2 d.	<i>q</i> -2997 [<i>p</i>]	22766	?	<i>g</i> -273	21787	2 d.	<i>k</i> -2918
24283	3/4	<i>k</i> -422	22717	0 d.	<i>f</i> -278	21748	3	<i>k</i> -2957
24144	3/4	Hg, <i>k</i> -561	22667	0	<i>e</i> -271	21700	1 d.	<i>k</i> -3005
24051	1 d.	<i>k</i> -654	22589	0 d.	<i>f</i> -406	21667	0 d.	<i>e</i> -1271
24028	2	<i>k</i> -677	22511	0 d.	<i>e</i> -427	21604	1/2 d.	<i>i</i> -2912 [<i>e</i>]
23982	3/4	<i>k</i> -723	22472	1/2 d.	<i>g</i> -567	21558	1/2 d.	<i>i</i> -2958 [<i>f</i>]
23932	0 d.	?	22423	0	<i>f</i> -572	21504	1 d.	<i>e</i> -1434
24892	0	<i>k</i> -813	22372	1 d.	<i>e</i> -566	21377	0?	?
23844	1/2 d.	<i>k</i> -861	22290	1/2 d.	<i>e</i> -658	20122	0?	<i>g</i> -2917
23756	0	<i>k</i> -949	22264	2	<i>e</i> -674	20073	0?	<i>f</i> -2922 [<i>g</i>]
23672	0?	<i>e</i> +734	22216	1 d.	<i>e</i> -722	20032	0	<i>e</i> -2906 [<i>f</i>]
23619	0?	<i>k</i> -1086 [<i>e</i>]	22135	0 d.	<i>e</i> -803 [<i>f</i>]	19980	0 d.	<i>e</i> -2958
23584	0	<i>e</i> +646	22080	1/2 d.	<i>e</i> -858	19921	0	<i>e</i> -3017
23494	0?	<i>e</i> +556	22039	0	<i>f</i> -956	17442	0?	<i>c</i> -866
23448	1/4 d.	<i>k</i> -1257	22014	0?	?			

ν 274 (0), 425 (1), *566 (1 d.), *654 (1), 676 (2), 723 (1), (813) (0), 861 (1), 952 (0), 1090 (0), 1264 (0 d.), (1335) (0), 1434 (1 d.), 2913 (2), 2959 (3), 3011 (1).

1-Chlorpropylen (Tabelle 169).

Herstellung: Durch Zersetzen von 1, 1-Dichlorpropan mit Kaliumhydroxyd (BEILSTEIN I, S. 198; Ann. chim. phys. [5] 14, S. 462).

Aufnahmebedingungen: Spalt 0.04 mm; Expositionszeit 4 Stunden.

$$n = 58 \text{ (1).}$$

Tabelle 169.

1-Chlorpropylen.

ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung
24467	4	<i>q</i> -2921	23395	0	<i>k</i> -1310	21851	1 d.	<i>k</i> -2854
24436	3	<i>p</i> -2917	23362	$\frac{1}{4}$	<i>k</i> -1343 [<i>e</i>]	21790	4	<i>k</i> -2915
24412	1 d.	<i>q</i> -2976 [<i>k</i>]	23327	$\frac{1}{2}$ d.	<i>k</i> -1378	21732	1 d.	<i>k</i> -2972 [<i>g</i>]
24372	1 d.	<i>p</i> -2981 [<i>o</i>]	23263	1 d.	<i>k</i> -1442	21681	2	<i>e</i> -1257 [<i>f</i>]
24322	1 d.	<i>o</i> -2972	23229	0	<i>i</i> -1297	21652	2	<i>e</i> -1286 [<i>f</i>]
24302	1 d.	<i>q</i> -3086	23178	3	Hg, <i>i</i> -1338	21626	$\frac{1}{4}$	<i>k</i> -3079 [<i>e</i>]
24284	1 d.	<i>k</i> -421 [<i>i</i>]	22712	$\frac{1}{2}$ d.	<i>e</i> -226 [<i>f</i>]	21603	$\frac{1}{4}$	<i>i</i> -2913 [<i>e</i>]
24259	1 d.	<i>p</i> -3094	22665	0	<i>e</i> -273	21567	$\frac{3}{4}$	<i>e</i> -1372
24229	0 d.	<i>k</i> -476	22582	0	<i>f</i> -413	21498	1 d.	<i>e</i> -1440
24201	$\frac{1}{4}$ d.	<i>o</i> -3092	22519	3	<i>e</i> -419 [<i>f</i>]	21306	3	<i>e</i> -1632
24145	$\frac{1}{2}$	Hg, <i>k</i> -560	22465	0 d.	<i>e</i> -473	20127	0	<i>g</i> -2912
24090	0 d.	<i>i</i> -426	22382	0	<i>e</i> -556	20074	0 d.	<i>f</i> -2921 [<i>g</i>]
23956	$1\frac{1}{2}$	<i>k</i> -749 [<i>i</i>]	22294	0	<i>g</i> -745	20020	1 d.	<i>e</i> -2918
23912	$\frac{1}{4}$	<i>k</i> -793	22257	0 d.	<i>f</i> -738	19976	0	<i>e</i> -2962
23864	0 ?	?	22192	2 d.	<i>e</i> -746	18081	0	<i>c</i> -227
23762	$\frac{1}{4}$ d.	<i>i</i> -754	22148	$\frac{3}{4}$	<i>e</i> -790	18025	$\frac{1}{4}$ d.	<i>c</i> -283, Hg
23671	0 d.	<i>k</i> -1034	22005	0 d.	<i>g</i> -1034	17887	$1\frac{1}{2}$ d.	<i>c</i> -421
23486	1 d.	<i>i</i> -1030 [<i>e</i>]	21973	0	<i>f</i> -1022	17759	0 d.	<i>c</i> -549
23447	0	<i>k</i> -1258	21907	0 d.	<i>e</i> -1031	17562	$\frac{1}{2}$	<i>c</i> -746
23414	2	<i>k</i> -1291 [<i>e</i>]						

ν 227 ($\frac{1}{2}$), (273) (0), *420 (3), *475 (0 d.), 553 (1), 746 (2), 791 ($\frac{3}{4}$), 1030 (1), 1258 ($\frac{1}{2}$), 1281 ($\frac{1}{2}$), 1311 ($\frac{1}{2}$), (1339) ($\frac{1}{2}$), 1375 ($\frac{3}{4}$), 1441 (1 d.), 1632 (3), (2854) (1), 2916 (4), 2970 (1 d.), 3087 (1 d.).

2-Chlorpropylen (Tabelle 170).

Herstellung: Durch Chlorieren von Azeton mit Phosphor-pentachlorid neben 2, 2-Dichlorpropan (siehe: 2, 2-Dichlorpropan).

Aufnahmsbedingungen: Spalt 0.05 mm; Expositionszeit 7 Stunden.

$$n = 50 (2).$$

3-Chlorpropylen (Allylchlorid) (Tabelle 171).

Das käufliche Allylchlorid (Kahlbaum) wurde rektifiziert. Spalt 0.05 mm; Expositionszeit 4 Stunden.

$$n = 42 (1).$$

Tabelle 170.
2-Chlorpropylen.

ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung
24460	4	<i>q</i> -2928	23333	4	<i>e</i> +395 [<i>i</i>]	21602	5	<i>k</i> -3103 [<i>i</i>]
24424	3	<i>p</i> -2928 [<i>q</i>]	23289	5	<i>k</i> -1416 [<i>e</i>]	21565	0	<i>f</i> -1430 [<i>i</i>]
24397	2	<i>q</i> -2991	23251	1	<i>k</i> -1454	21536	4	<i>e</i> -1402 [<i>i</i>]
24362	4	<i>k</i> -343 [<i>o, p</i>]	22585	4	<i>e</i> -353 [<i>f</i>]	21502	2	<i>e</i> -1436
24302	$\frac{1}{2}$	<i>k</i> -403 [<i>o, p</i>]	22533	5	<i>e</i> -405	21409	0	<i>i</i> -3107 [<i>g</i>]
24271	3	<i>q</i> -3117 [<i>k</i>]	22495	2	<i>e</i> -443	21361	$\frac{1}{2}$	<i>f</i> -1634
24237	2	<i>p</i> -3116 [<i>o</i>]	22356	$\frac{1}{2}$	<i>f</i> -639	21302	8	<i>e</i> -1636
24176	1 b.	<i>i</i> -340 [<i>o</i>]	22296	10	<i>e</i> -642	20057	0	?
24113	0	<i>i</i> -403	22046	2	<i>e</i> -892	20009	3	<i>e</i> -2920
24069	4	<i>k</i> -636	22001	2	<i>e</i> -937	19949	$\frac{1}{4}$ b.	<i>e</i> -2989 [dp.]
23880	2	<i>i</i> -636	21927	2	<i>e</i> -1011	19886	3	Hg, <i>e</i> -3052
23822	2 b.	<i>k</i> -883	21845	1 b.	<i>k</i> -2860	19810	4	Hg, <i>e</i> -3128
23778	2	<i>k</i> -927	21781	10	<i>k</i> -2924 [<i>e</i>]	18115	0	?
23702	3	<i>k</i> -1003	21754	2	<i>e</i> -1184 [<i>k</i>]	17960	$\frac{1}{2}$	<i>c</i> -348
23587	3	<i>i</i> -929 [<i>e</i> ?]	21727	3	} <i>k</i> -2993	17904	$\frac{1}{4}$	<i>c</i> -404
23557	3	<i>k</i> -1148	21657	3		17670	3	<i>c</i> -638
23520	4	<i>k</i> -1184 [<i>i</i>]	21660	2	<i>k</i> -3045			

ν 347 (5), *402 (4), (443) (2), 638 (10), 888 (2), 932 (2), 1007 (3), (1148) (3), (1184) (2), 1409 (4), 1445 (2), 1633 (8), (2858) (1), 2926 (10), 2956 (2), 2990 (3 dp.), 3050*(2), 3112 (5).

Tabelle 171.
3-Chlorpropylen.

ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung	ν_1	<i>I</i>	Zuordnung
24436	4	<i>q</i> -2952	23297	3	<i>k</i> -1408	21686	4	<i>k</i> -3019 [<i>e</i>]
24403	4	<i>k</i> -302 [<i>p</i>]	23263	$1\frac{1}{2}$	<i>k</i> -1442 [<i>i</i>]	21651	2 d.	<i>e</i> -1287
24366	4 b.	<i>q</i> -3022	23230	2 d.	<i>k</i> -1475 [<i>i</i>]	21623	$\frac{1}{2}$ d.	<i>k</i> -3082 [<i>g</i>]
24302	3	<i>q</i> -3086 [<i>k</i>]	22692	1	<i>f</i> -303 [<i>h</i>]	21502	0	<i>e</i> -1436 [<i>i</i>]
24269	2 d.	<i>p</i> -3048 [<i>o</i>]	22645	2	<i>e</i> -293 [<i>m</i>]	21457	3	<i>e</i> -1481
24200	2 d.	<i>k</i> -505 [<i>o</i>]	22528	3	<i>e</i> -410 [<i>g</i>]	21438	1 d.	<i>i</i> -3078
24116	4	<i>k</i> -589 [<i>i</i>]	22424	1 d.	<i>e</i> -514	21301	6	<i>e</i> -1637
23970	6	<i>k</i> -735	22351	4	<i>e</i> -587	19987	2 d.	<i>e</i> -2951
23773	3 d.	<i>k</i> -932 [<i>i</i>]	22207	7 b.	<i>e</i> -731	19924	2 d.	Hg, <i>e</i> -3014
23672	1	<i>k</i> -1033	22008	2 d.	<i>e</i> -930	19854	$1\frac{1}{2}$ d.	<i>e</i> -3084
23606	$\frac{1}{4}$	<i>k</i> -1099	21934	?	?	17903	2 d.	<i>c</i> -405
23504	3 d.	<i>k</i> -1201	21907	$\frac{3}{4}$	<i>e</i> -1031	17793	1 d.	<i>c</i> -515
23449	2 d.	<i>k</i> -1256	21834	2 d.	<i>k</i> -1104 [<i>g</i>]	17725	2	<i>c</i> -583
23414	3	<i>k</i> -1291	21752	5 b.	<i>k</i> -2953 [<i>g</i>]	17575	$1\frac{1}{2}$ d.	<i>c</i> -733

ν 298 (3), 406 (3), 511 (1), 586 (4), 733 (6 b.), 931 (2), 1032 (1), 1102 (1), (1201) (3), (1256) (2), 1289 (2), (1408) (3), 1439 (1), 1478 (3), 1637 (6), 2952 (5 b.), 3018 (4 b.), 3083 (2).

Diskussion.**A. Vergleich mit den Ergebnissen anderer Beobachter.**

Der Vergleich mit den Ergebnissen anderer Beobachter — er ist durchführbar bei 1,2-Dichloräthan, 1- und 2-Chlorpropan, 3-Chlorpropylen, Pentachloräthan und cis- und trans-Dichloräthylen — zeigt im allgemeinen befriedigende Übereinstimmung. Immerhin sind auch Fälle von Unstimmigkeiten zu bemerken, auf die im folgenden verwiesen werden soll.

Vergleichstabelle für 1,2-Dichloräthan.

B. B. ₁₆	D. K. ₄₂	B. V. ₃₈	P. ₅₂	B. B.	D. K.	B. V.	P.
(249) (3)	253 (1/2)	—	—	940 (2)	—	942 (1)	946 (2)
—	—	273 (1)	267 (1/2)	—	—	1154 (0)	—
—	295 (3)	304 (5)	302 (2)	(1215) (1)	1236 (2b.)	—	—
—	—	383 (0)	—	1301 (2)	1302 (1b.)	1307 (1)	1296 (2)
402 (1)	402 (1)	409 (1)	414 (2)	(1434) (1)	1426 (2b.)	1434 (1)	1428 (3)
654 (5)	648 (3)	655 (8)	655 (4)	—	—	2845 (0)	—
—	670 (1)	677 (0)	679 (3)	—	—	2874 (0)	—
750 (5)	750 (4)	754 (8)	749 (6)	—	—	2920 (0)	—
(884) (1)	—	—	881 (1)	2958 (5)	2955 (5b.)	2963 (8)	2954 (5)
—	—	928 (1/4)	—	—	—	3004 (1)	2997 (2)

In der Vergleichstabelle für 1,2-Dichloräthan sind die Beobachtungen von BONINO-BRÜLL² (B. B.), DADIEU-KOHLRAUSCH³ (D. K.), BHAGAVANTAM-VENKATESWARAN⁴ (B. V.) und PESTEMER (P.) einander gegenübergestellt. Die im Kopf der Tabelle den Namen beige-setzten Ziffern geben die Zahl der Streulinien an, aus denen das Raman-spektrum jeweils abgeleitet wurde. Beschränkt man — wie es dem jetzigen Stande der experimentellen Forschung und ihrer angestrebten theoretischen Auswertung entsprechen dürfte — den Vergleich auf die intensiveren Linien, so kann man die Übereinstimmung als befriedigend erklären; immerhin ist der Ausfall

² G. B. BONINO, L. BRÜLL, *Gazz. chim.* 59, 1929, S. 643.

³ A. DADIEU und K. W. F. KOHLRAUSCH, *Mitt.* V, I. c.

⁴ S. BHAGAVANTAM, S. VENKATESWARAN, *Proc. Roy. Soc. London* 127, 1930, S. 360.

der Linien $\Delta\nu = 305$ und 675 bei B. B. sowie 945 bei D. K. über raschend.

In der Vergleichstabelle für *n*-Propylchlorid sind die Beobachtungen von DADIEU-KOHLRAUSCH (Mitt. V, l. c.), SÖDERQVIST⁵, BHAGAVANTAM-VENKATESWARAN (l. c.) und PESTEMER enthalten. Die von B. V. angegebenen Werte unterhalb $\Delta\nu = 2800$ liegen fast durchwegs um rund 15 cm^{-1} zu hoch. Obwohl die von Söd. und B. V. angegebenen Spektren eine merklich geringere absolute Intensität zu haben scheinen, ist doch die geringe relative Intensität der Linien $\Delta\nu = 365, 723, 1442\text{ cm}^{-1}$ sowie die relativ hohe von $\Delta\nu = 2867$ bei P. bemerkenswert.

Vergleichstabelle für *n*-Propylchlorid.

D. K. ₂₇	Söd. ₄₄	B. V. ₄₅	P. ₄₃	D. K.	Söd.	B. V.	P.
—	—	108 (1)	—	—	—	—	(1105) (0)
—	—	173 (1)	—	—	—	—	(1287) (1)
—	—	250 (0)	—	—	—	—	1339 (1)
—	—	306 (0)	—	1442 (4b.)	1445 (0)	1469 (1)	1432 (5)
359 (3)	365 (0)	374 (1)	362 (4)	—	—	2815 (0)	—
—	—	—	418 (2)	2870 (5)	2875 (1)	2879 (2)	2867 (4)
644 (4)	650 (3)	665 (2)	649 (6)	—	2915 (0)	—	—
721 (2b.)	723 (1)	735 (2)	723 (4)	2929 (7)	2938 (1)	—	} 2942 (6)
782 (2)	788 (1)	798 (1)	787 (2)	2953 (7)	2959 (1)	2959 (3b.)	
(845) (2)	856 (0)	—	849 (2b.)	—	2975 (0)	—	—
(890) (2)	894 (0)	—	(893) (2)	—	2998 (0)	—	—
1026 (3)	1031 (1)	1031 (0)	1024 (3)	—	3019 (0)	—	—

Die Angaben für Isopropylchlorid, die von BHAGAVANTAM-VENKATESWARAN (l. c.) einerseits, in der vorliegenden Arbeit andererseits gemacht werden (s. Vergleichstabelle), stimmen im wesentlichen überein, bis auf die Existenz der starken Linie mit $\Delta\nu = 1438$, die wohl bei P., nicht aber, oder nur sehr schwach und mit dem geänderten Wert $\Delta\nu = 1452$ bei B. V. vorkommt.

In der Vergleichstabelle für Allylchlorid (3-Chlorpropylen) sind die experimentellen Befunde von PETRIKALN-HOCHBERG⁶ (P.H.), DADIEU-KOHLRAUSCH (Mitt. V, l. c.), SÖDERQVIST (l. c.), BHAGAVANTAM-

⁵ J. SÖDERQVIST, Ztschr. Physik 59, 1930, S. 446.

⁶ PETRIKALN-HOCHBERG, Z. physikal. Chem, 299, S. 1929.

VENKATESWARAN (l. c.) und PESTEMER enthalten. Hier wäre zu verweisen auf das auffallende Fehlen von $\Delta v = 300$ bei D. K., von 1204 bei Söd., vor allem aber auf das isolierte Vorkommen von $\Delta v = 1478$ nur in den Beobachtungen von P.

In der Vergleichstabelle zu Pentachloräthan steht das Ergebnis der vorliegenden Arbeit den Werten von BONINO-BRÜLL

Vergleichstabelle für Isopropylchlorid.

B. V. ₄₅	P. ₄₅	B. V.	P.	B. V.	P.	B. V.	P.
106 (0)	—	—	487 (0)	1163 (2)	(1153) (1)	2915 (3)	2921 (5)
167 (0)	—	617 (4)	611 (5)	1265 (0)	1249 (1)	2932 (2)	—
344 (1)	338 (3)	889 (2)	883 (2)	—	1328 (1)	2957 (2)	2972 (4)
395 (0)	—	954 (0)	—	1452 (0)	1438 (4)	3024 (0)	—
428 (1)	425 (2)	1014 (0 b.)	—	2828 (2)	—	—	—
463 (0)	—	1065 (1)	1055 (2)	2869 (2)	2862 (2)	—	—

Vergleichstabelle zu Allylchlorid.

P. H.	D. K. ₄₂	Söd. ₄₅	B. V. ₃₃	P. ₄₂
124	—	—	—	—
304	—	293 (0)	310 (2)	298 (3)
412	402 (3)	408 (1)	413 (4)	406 (3)
—	—	—	517 (0)	511 (1)
590	585 (4)	590 (2)	596 (4)	586 (4)
738	726 (6)	736 (4)	741 (6 b.)	733 (6 b.)
—	924 (2 b.)	936 (0)	940 (3)	931 (2)
—	—	—	—	1032 (1)
—	—	—	1117 (0)	1102 (1)
—	1207 (1)	—	1204 (3)	(1201) (3)
—	(1259) (1)	1256 (1)	1264 (3)	(1256) (3)
—	1291 (2)	1291 (1)	1304 (2)	1289 (2)
1411	1411 (3)	1411 (2)	1417 (3)	(1408) (3)
—	1445 (0)	—	—	1439 (1)
—	—	—	—	1478 (3)
1644	1639 (6)	1640 (3)	1647 (6)	1637 (6)
—	—	—	1697 (0)	—
—	—	—	2882 (2)	—
2949	2956 (2)	2958 (2)	2966 (3)	2952 (5 b.)
—	—	2987 (1)	—	—
3022	3018 (5)	3022 (5)	3027 (3)	3018 (4 b.)
3062	3088 (2 b.)	3090 (1)	—	3083 (2)
—	—	—	—	—
—	—	—	—	—

(l. c.) gegenüber. Diese werden bestätigt, jedoch tritt die Linie $\Delta\nu = 827$ von B. B. bei P. als Triplet auf. Außerdem findet P. drei neue tiefe Frequenzen.

Vergleichstabelle zu Pentachloräthan.

B. B. ₁₃	P. ₅₄	B. B.	P.	B. B.	P.	B. B.	P.
165 (2)	174 (3)	334 (3)	329 (4)	—	801 (1)	2990 (3)	2980 (3)
—	224 (2)	408 (5)	405 (5)	827 (5)	819 (2)	—	—
—	236 (2)	587 (3)	579 (3)	—	840 (3)	—	—
—	281 (1)	722 (2)	725 (1)	1012 (2)	1022 (1)	—	—

In der Vergleichstabelle für cis- und trans-Dichloräthylen sind schließlich die Ergebnisse dieser Arbeit den Angaben von BONINO-BRÜLL⁷ gegenübergestellt. Bezüglich der cis-Form wurde der Befund von B. B. im wesentlichen gut bestätigt; im einzelnen ist aber zu bemerken: Die Frequenzen 1369 und 1392 kommen bei P. nicht vor, weil (vgl. Tabelle 161) die zugehörigen Linien 23341 und 21544 mit $i-1175$ und $k-3161$ (statt mit $k-1363$ und $e-1597$) erklärt wurden; diese Zuordnung ist unterstützt durch das anderweitige Auftreten der Verschiebungen 1175 und 3161. Die Linie 2142, die bei B. B. als $h-3093$ aufgefaßt wurde, wurde hier zu e zugeordnet, da es erfahrungsgemäß ganz unwahrscheinlich ist, daß sich die Hg-Linie h erregend bemerkbar macht; eine Stütze findet diese Zuordnung darin, daß auch bei anderen ungesättigten Kohlenwasserstoffderivaten neben der zur $C=C$ -Bindung gehörigen Hauptlinie mit $\Delta\nu \approx 1600$ eine schwache Linie mit $\Delta\nu > 1600$ ab und zu bemerkt wurde. So z. B. im Dichloräthylengemisch ($\Delta\nu = 1686$) und in Allylchlorid ($\Delta\nu = 1697$, Vergleichstabelle!).

Im trans-Dichloräthylen ist analog das Fehlen der Verschiebung $\Delta\nu = 1374$ und das Auftreten von 1694 und 3141 im Ramanspektrum bei P. zu erklären. Ferner sei auf den wesentlichen Unterschied verwiesen, daß bei B. B. ein $\Delta\nu = 243$ (5) vorkommt, während bei P. dagegen diese Frequenz mit $\Delta\nu = 351$ (5) auftritt. Die Linie 22695 = $e-243$ im Streuspektrum von B. B. wurde in der vorliegenden Arbeit überhaupt nicht gefunden, während umgekehrt die Streulinie 22584 = $e-354$ bei B. B. fehlt. Zufolge einer inzwischen eingelangten brieflichen Mitteilung an Prof. Dr. KOHLRAUSCH haben BONINO-BRÜLL bei der Neuaufnahme

⁷ G. B. BONINO, L. BRÜLL, Ztschr. Physik 58, 1929, S. 194.

von Trans-Dichloräthylen den Befund der Tabelle 162 bestätigt, wenigstens, soweit es sich um die Verschiebung $\Delta\nu = 351$ handelt.

Vergleichstabelle zu Dichloräthylen.

Cis		Trans		Cis		Trans	
B. B. 19	P. 35	B. B. 19	P. 35	B. B.	P.	B. B.	P.
(171) (5)	175 (5)	—	—	1148 (5)	1187 (6)	1181 (0)	1182 (1)
—	—	(243) (5)	—	—	—	1273 (5)	1266 (4)
—	—	—	351 (5)	(1369) (2)	—	(1374) (2)	—
407 (5)	404 (5)	—	—	(1392) (2)	—	—	—
(569) (3)	565 (4)	—	—	1588 (5)	1586 (6)	1583 (5)	1573 (4)
716 (5)	713 (6)	(717) (10)	710 (1)	—	—	(1631) (1)	1625 (1/2)
—	—	763 (3)	763 (2)	—	(1696) (1)	—	1694 (1/2)
—	806 (1/2)	—	—	3082 (5)	3078 (6)	3080 (5)	3074 (4)
—	—	845 (2)	846 (3)	—	3161 (1)	—	(3141) (1)
882 (1)	874 (1/2)	—	—	—	—	—	—

B. Beziehungen zwischen Frequenzlage und Molekülstruktur.

a) DADIEU-KOHLRAUSCH (Mitt. III und Chem. Ber., l. c.) und später TRUMPY⁸ haben an organischen Substanzen (Säuren, Ketonen, Alkoholen) gezeigt, daß sich mit der vereinfachenden Annahme, eine endständige Gruppe (CH_3 oder OH) könne jeweils Schwingungen gegen den Rest des Moleküls ausführen, die in einer homologen Reihe (etwa CH_3OH , $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$ usw.) auftretende Verschiebung gewisser starker Linien gut erklären lasse. Bleibt beim Übergang von einem Molekül zum anderen die Bindekraft zwischen Alkyl und Substituent annähernd die gleiche, so müssen sich die Frequenzen $\nu_1 : \nu_2 : \nu_3 \dots$ verhalten wie

$$\sqrt{\frac{1}{\mu_1}} : \sqrt{\frac{1}{\mu_2}} : \sqrt{\frac{1}{\mu_3}} \dots,$$

wenn die μ die reduzierten Massen bedeuten.

$$\left(\frac{1}{\mu} = \frac{1}{m_a} + \frac{1}{m_c}, m_a \text{ für Alkyl, } m_c \text{ für Substituent} \right).$$

Diese Erwartung trifft für die Reihe der Chlorderivate nicht zu, wie die folgende Zahlenzusammenstellung zeigt.

⁸ Ztschr. Physik 62, 1930, S. 806.

Name	Formel	μ	ν' experimentell	ν' berechnet
Methylchlorid	$H_3C \cdot Cl$	10·55	710	—
Äthylchlorid	$H_5C_2 \cdot Cl$	15·97	332, 659	577
Propylchlorid	$H_7C_3 \cdot Cl$	19·45	418, 649	516

b) Anzeichen einer systematischen Veränderung der durch hohe Intensität ausgezeichneten Hauptlinien tiefer Frequenz lassen sich jedoch erkennen, wenn man die Chlorparaffine so ordnet, daß die Substanzen, bei denen neben dem Cl-Atom noch 2, 1 oder 0 H-Atome an das gleiche C-Atom gebunden sind, zusammengefaßt werden:

Zahl der H-Atome	Formel	ν' in cm^{-1}		
3 H-Atome	$H_3C \cdot Cl$			710
2 H-Atome	{ $H_3C \cdot CH_2Cl$ $H_5C_2 \cdot CH_2Cl$ $H_2C : CH \cdot CH_2Cl$ $ClH_2C \cdot CH_2Cl$ $ClH_2C \cdot CH_2 \cdot CH_2Cl$		660	—
			650	720
			—	730
			650, 670	750
1 H-Atom	$H_3C \cdot CHCl \cdot CH_3$	610	—	—
1 und 2 H-Atome	$H_3C \cdot CHCl \cdot CH_2Cl$	615	640	740
Kein H-Atom	$(CH_3)_3 \cdot CCl$	560	—	—

Es ist mir eine angenehme Pflicht, Herrn Prof. Dr. K. W. F. KOHLRAUSCH und Herrn Dozenten Dr. Ing. A. DADIEU für die Förderung dieser Arbeit den herzlichsten Dank auszusprechen.