

**ANWENDUNGEN
DER SCHWINGUNGSSPEKTROSKOPIE
IN DER ANORGANISCHEN CHEMIE**

ANORGANISCHE UND ALLGEMEINE CHEMIE
IN EINZELDARSTELLUNGEN

HERAUSGEGEBEN VON
MARGOT BECKE-GOEHRING

BAND VII

ANWENDUNGEN
DER SCHWINGUNGSSPEKTROSKOPIE
IN DER ANORGANISCHEN CHEMIE

VON

DR. HANS SIEBERT

APL. PROFESSOR AN DER FAKULTÄT FÜR NATUR- UND GEISTES-
WISSENSCHAFTEN DER BERGAKADEMIE CLAUSTHAL
TECHNISCHE HOCHSCHULE

MIT 28 ABBILDUNGEN



SPRINGER-VERLAG
BERLIN · HEIDELBERG · NEW YORK

1966

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten
Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages ist es auch nicht gestattet,
dieses Buch oder Teile daraus auf photomechanischem Wege
(Photokopie, Mikrokopie) oder auf andere Art zu vervielfältigen
© by Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg 1966
Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1966
Library of Congress Catalog Card Number 65-27794

ISBN-13: 978-3-642-85630-3 e-ISBN-13: 978-3-642-85629-7
DOI: 10.1007/978-3-642-85629-7

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Buche
berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, daß solche Namen im
Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher
von jedermann benutzt werden dürften

Titel-Nr. 4274

Vorwort

Gern bin ich der Anregung der verehrten Frau Herausgeberin gefolgt, das vorliegende Buch zu schreiben. Die Schwingungsspektroskopie — insbesondere die Ultrarotspektroskopie — ist heute eine der verbreitetsten Untersuchungsmethoden des Chemikers. Es ist eine Reihe vorzüglicher Bücher über die Theorie und Praxis der Schwingungsspektroskopie erschienen, jedoch fehlt bisher ein zusammenfassender Bericht über Anwendung und Ergebnisse im Bereich der anorganischen Chemie.

Wegen der gebotenen Umfangsbegrenzung war eine enzyklopädische Darstellung des Sachgebietes nicht möglich; ich habe mich darauf beschränkt, eine Anleitung zum Auswerten von Schwingungsspektren und einen Überblick über die bisher erzielten Erkenntnisse zu geben. Eine vollständige Zitierung der einschlägigen Literatur hätte zuviel Raum beansprucht; wenn ein Gegenstand mehrfach bearbeitet worden ist, sind daher nur die neuesten Publikationen zitiert. Im Aufbau des Buches habe ich mich teilweise an das ausgezeichnete Werk von K. W. F. KOHLRAUSCH: „Ramanspektren“ (1943) gehalten.

Herrn Prof. Dr. W. LÜTTKE, Göttingen, danke ich herzlich für seine kritische Durchsicht großer Teile des Manuskripts sowie für die Überlassung unveröffentlichter *UR*-Spektren. Ganz besonderen Dank schulde ich Frl. H. GRAUSTEIN für ihre umfangreiche Mitarbeit bei der Literaturdurchsicht, dem Anfertigen der Zeichnungen und des Registers, der Niederschrift des Manuskripts und dem Lesen der Korrekturen.

Clausthal-Zellerfeld, im Dezember 1965

H. SIEBERT

Inhaltsverzeichnis

	Seite
I. Allgemeines über Molekülschwingungen	1
1. Messung der Molekülschwingungen	1
a) Einleitung	1
b) Ultrarotspektren	2
c) Raman-Spektren	4
2. Theorie der Molekülschwingungen	4
a) Zweiatomige Moleküle	5
b) Mehratomige Moleküle	8
c) Symmetrie von Molekülen und Normalschwingungen	12
d) Einfluß des Aggregatzustandes auf die Schwingungsspektren	19
e) Spektren isotoper Moleküle	21
3. Analyse von Schwingungsspektren	23
a) Zuordnung und Ermittlung der Symmetrie	23
b) Berechnung von Kraftkonstanten	28
c) Zusammenhänge zwischen Kraftkonstanten und Bindungseigenschaften	34
d) Ermittlung weiterer Molekülparameter aus dem Schwingungsspektrum	37
II. Schwingungsspektren einfacher Moleküle	38
1. Zweiatomige Moleküle	38
2. Dreiatomige Moleküle	41
a) XY_2 , linear ($D_{\infty h}$)	41
b) XYZ , linear ($C_{\infty v}$)	44
c) XY_2 , gewinkelt (C_{2v})	48
d) XYZ , gewinkelt (C_s)	50
3. Vieratomige Moleküle	52
a) XY_3 , eben, sternförmig (D_{3h})	52
b) ZXY_2 , eben, sternförmig (C_{2v})	54
c) XY_3 , pyramidenförmig (C_{3v})	56
d) ZXY_2 , pyramidenförmig (C_s)	59
e) Vieratomige kettenförmige Moleküle	60
f) Weitere vieratomige Moleküle	63
4. Fünfatomige Moleküle	63
a) XY_4 , tetraederförmig (T_d)	63
b) ZXY_3 , tetraederförmig (C_{3v})	69
c) Y_2XZ_2 , tetraederförmig (C_{2v})	72
d) XY_4 , eben, sternförmig (D_{4h})	74
5. Weitere einfache Moleküle	76
a) XY_5 und verwandte Moleküle	76
b) X_2Y_4	78
c) XY_6 , oktaederförmig (O_h)	80
d) XY_7	83
e) X_2Y_6	84
f) XY_9	85
g) Moleküle mit Ringen X_3Y_3	86

	Seite
III. Schwingungsspektren nichtkomplexer anorganischer Verbindungen	87
1. Wasserstoffverbindungen	87
2. Sauerstoffverbindungen	93
a) Verbindungen mit (O—O)-Bindung	93
b) Stickstoff-Sauerstoff-Verbindungen	94
c) Sauerstoffverbindungen von Schwefel, Selen und Tellur	99
d) Halogen-Sauerstoff-Verbindungen	104
e) Sauerstoffverbindungen von Phosphor, Arsen und Antimon	106
f) Sauerstoffverbindungen von Silicium, Germanium und Zinn	112
g) Bor-Sauerstoff-Verbindungen	117
h) Sauerstoffverbindungen der Übergangsmetalle	119
3. Stickstoffverbindungen	122
a) Moleküle mit (NN)-Bindung	122
b) Cyanide, Cyanate, Thiocyanate und Cyanamide	124
c) Schwefel-Stickstoff-Verbindungen	127
d) Phosphor-Stickstoff-Verbindungen	130
e) Silicium-Stickstoff-Verbindungen	132
f) Bor-Stickstoff-Verbindungen	133
g) Stickstoffverbindungen von Übergangsmetallen	134
4. Sonstiges	134
a) Methylverbindungen der Elemente	134
b) Schwefelverbindungen	136
c) Phosphorverbindungen	138
d) Silicium- und Germaniumverbindungen	139
IV. Koordinationsverbindungen	140
1. Verbindungen von Hauptgruppenelementen	140
2. Ammine	143
3. Aquo- und Hydroxo-Komplexe	145
4. Nitro-Komplexe	145
5. Sulfito-Komplexe	147
6. Komplexe mit Ionen von Sauerstoffsäuren	148
a) Nitrato-Komplexe	148
b) Nitrito-Komplexe	149
c) Sulfato-Komplexe	149
d) Phosphato-Komplexe	150
e) Carbonato-Komplexe	150
f) Oxalato-Komplexe	150
7. Cyano-Komplexe	151
8. Thiocyanato- und Selenocyanato-Komplexe	155
9. Carbonyle	157
10. Nitrosyle	160
11. Hydrogeno-Komplexe	161
12. Komplexe mit ungesättigten Kohlenwasserstoffen	162
13. Sonstige Liganden	164
a) PF_3	164
b) $(\text{CH}_3)_2\text{SO}$	165
c) Acetylid C_2H^-	165
d) SO_2	165
e) $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	165
f) Fulminat CNO^-	166
g) N_2H_4	166
h) Cyanat NCO^-	166
Literaturverzeichnis	167
Substanzenverzeichnis	194
Sachverzeichnis	208