

CENTRAL INTELLIGENCE AGENCY  
**INFORMATION REPORT**

This material contains information affecting the National Defense of the United States within the meaning of the Espionage Laws, Title 18, U.S.C. Secs. 793 and 794, the transmission or revelation of which in any manner to an unauthorized person is prohibited by law.

S-E-C-R-E-T  
 NOFORN/CONTINUED CONTROL

50X1

COUNTRY	East Germany	REPORT NO.	
SUBJECT	Studies on the Characteristic Frequency of Molecules in the Range below the 3 Cm. Wavelength	DATE DISTR.	13 September 1955
DATE OF INFO.		NO. OF PAGES	2
PLACE ACQUIRED		REQUIREMENT NO.	RD
	50X1	REFERENCES	

THE SOURCE EVALUATIONS IN THIS REPORT ARE DEFINITIVE.  
 THE APPRAISAL OF CONTENT IS TENTATIVE.  
 (FOR KEY SEE REVERSE)

50X1

Available at the CIA Library is a photographic copy of a treatise entitled Untersuchungen der Eigenfrequenzen von Molekuelen im Bereich unter 3 cm Wellenlaenge (Studies on the Characteristic Frequency of Molecules in the Range below the 3 Cm. Wavelength), by Dr. Ing. Helmut Jung, Dipl. Phys. Siegbert Koepf, and Ing. O. Farnik of the Heinrich Hertz Institute of the East German Academy of Sciences. The work is dated December, 1951. The chapter headings are as follows:

- A. Explanation of the problem
- B. Studies in locating a favorable starting point for experiments on the microwave spectrum
  - 1. Types of oscillation with spectra in the microwave range
  - 2. Choice of the method for experimentation
  - 3. Continuation of earlier experiments in line grades
- C. New experimental apparatus
  - 1. Planning of apparatus
    - a. Apparatus with the HF spectrometer manufactured by the Werk fuer Fernmeldewesen
    - b. Apparatus for wavelengths under 3 cm
  - 2. Construction of the measuring equipment
    - a. Klystron with double modulation
    - b. Multiple detector (Vervielfacherdetektor)
    - c. Hollow cable (Hohlkabel)
    - d. Pump installation
    - e. Receiver
    - f. Viewer (Sichtteil)
- D. Discussion on the construction and tests

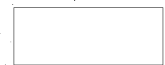
S-E-C-R-E-T  
 NOFORN/CONTINUED CONTROL

50X1

STATE	X	ARMY	X	NAVY	X	AIR	X	FBI		AEC		
-------	---	------	---	------	---	-----	---	-----	--	-----	--	--

(NOTE: Washington distribution indicated by "X"; Field distribution by "#".)

S-E-C-R-E-T  
NOFORN/CONTINUED CONTROL



-2-

Attachment available from CIA Library (1 document in German, 39 pages) (N.B.: page 30 is missing)

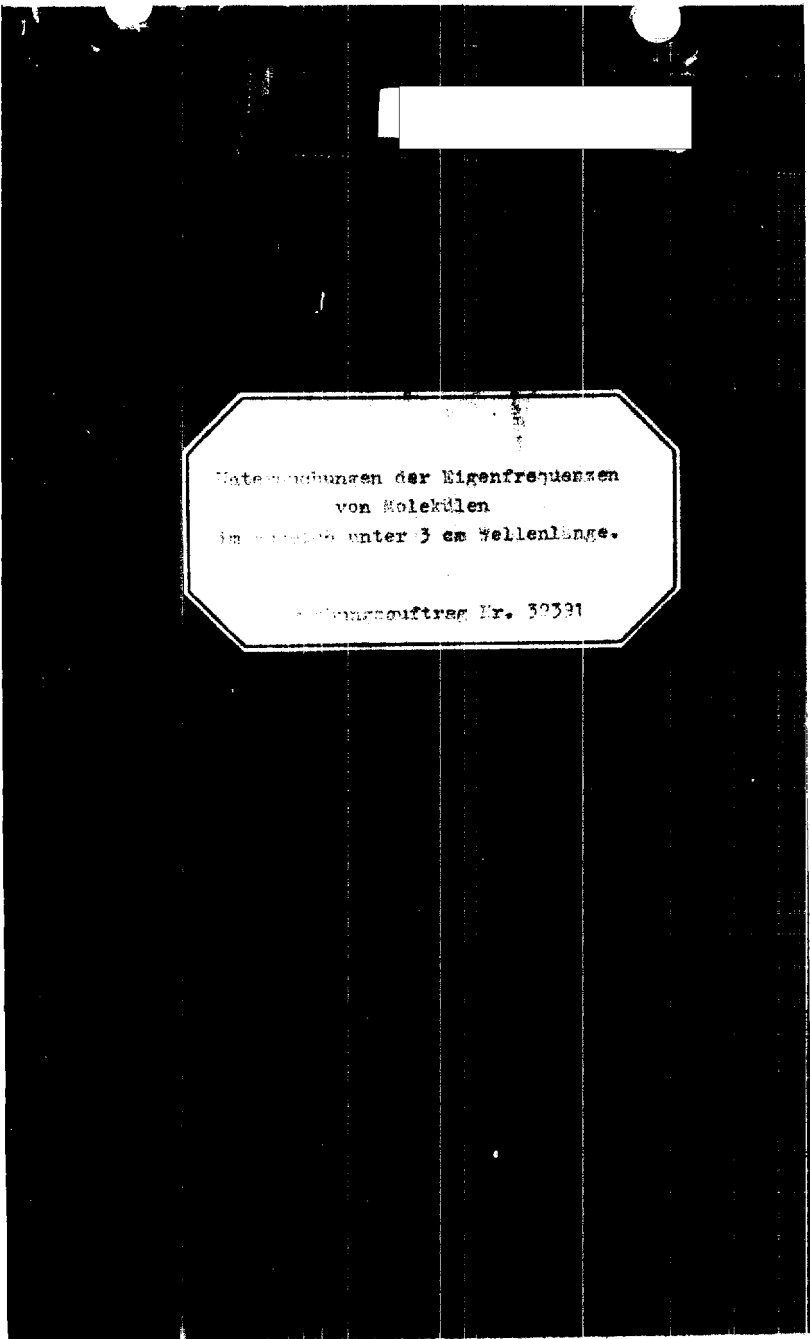
Distribution of Attachment:    OCD  
                                  OSI: Retention  
                                  CIA Library: Retention

LIBRARY SUBJECT AND AREA CODES

B-02-0404	9/55
613.832	4M/C
613.648	4M/C
613.496	4M/C
658.6	4M/C

S-E-C-R-E-T  
NOFORN/CONTINUED CONTROL

**Page Denied**



50X1

HEINRICH-HERTZ-INSTITUT FÜR SCHWINGUNGSFORSCHUNG  
der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin  
.....

Untersuchungen der Eigenfrequenzen von  
Molekülen im Bereich unter 3 cm Wellenlänge

**Verfasser:**  
Dr.-Ing. H. Jung  
Dipl.-Phys. S. Kepp und Ing. O. Farnik

Berlin-Adlershof, im Dezember 1951

Inhaltsverzeichnis.

S. 110

1. Einleitung	4
2. Die bisherige Ausgangslage für Untersuchungen von Spektren im Mikrowellenbereich	5
1. Messungsarten mit Spektren im Mikrowellenbereich	5
a) Spektrallinien im Bereich des HF-Spektrometers von OSW	6
b) Spektrallinien unter 3 cm	9
2. Auswahl der Untersuchungsmethode	11
a) Die bisherigen Schwingungsapparaturen	11
b) Die Atomstrahlresonanzmethode und die Kerninduktions- apparaturen	17
3. Weiterführung früherer Untersuchungen zur Linienbreite	18
a) Die natürliche Linienbreite	19
b) Dopplerverbreiterung	20
c) Die Stoßverbreiterung	24
d) Intensität der Deformationschwingung des Ammoniums	25
4. Die neue Versuchsanordnung	26
1. Planung der Apparatur	26
a) Apparat mit HF-Spektrometer von OSW	26
b) Apparat für Messungen unter 3 cm	29
2. Aufbau der Versuchsanordnung	30
a) Kipptisch mit Doppelschleifen	30
b) Verstärkerkette	30
c) Schirmkäfig	30
d) Frequenzmessung	30
e) Messergebnisse	30
f) Zusammenfassung	30
5. Diskussion der Ergebnisse	30

Die vorliegende Arbeit ist herabgezogen aus dem "Untersuchungsbericht über die selbstangeregten Frequenznormale (Atomuhr)", mit dem das Heinrich Hertz-Institut Berlin im Jahre 1960 beauftragt war. Da ein großer Teil der Fragestellung bereits bei der Atomuhr auftritt, werden diese Untersuchungen zunächst weiter ausgebaut. Die so vervollständigte Arbeit bildet daher auch gleichzeitig den Teil I des vorliegenden Berichtes.

Der II. Teil umfaßt spezielle Untersuchungen theoretischer und experimenteller Art im Hinblick auf die praktische Anwendung und die Gerätetechnik der Molekülspektroskopie. Er stützt sich weitgehend auf die Ergebnisse des Teils I (Atomuhr). Obwohl damit der Teil I die Voraussetzungen für die Bearbeitung des gesamten Komplexes mit enthält, trägt der II. Teil den Titel der Gesamtarbeit "Untersuchungen der Eigenfrequenzen von Molekülen im Bereich unter 3 cm Wellenlänge."

1. Einleitung

Die Mikrowellen-Molekularspektroskopie ist nicht nur ein aktives Arbeitsgebiet, sondern auch ihrerseits ein höchst interessantes. Die Aufgaben, die bereits heute mit dieser Methode bearbeitet werden, liegen zumwast noch im Bereich der Wissenschaft (ihrem Gebiet): Präzisionsmessung von atomaren magnetischen Momenten, Neubestimmung der Feinstrukturkonstanten,  $g$ -Bestimmung aus den gyromagnetischen Verhältnissen des Protons und des Elektrons, Untersuchung des Inversionspektrums von Ammoniak und der Rotationspektren schwingender Moleküle. Außerdem wurden die Deformationskonstanten, Rotationskonstanten und Erweichungsmomente, die Kernspins und Bindungsverhältnisse, Isotopenverhältnisse  $\epsilon$ , die elektrischen Dipol- und Quadrupolmomente bestimmt.

Die Wichtigkeit der Molekularspektroskopie für die reine Wissenschaft ist also durch eine Vielzahl erstaunlich genauer Resultate erwiesen. Die angewandte Physik ist jedoch im Augenblick noch relativ schlecht weggekommen: Bisher wurde nur die Anwendung der  $J, K$ -Linie des Ammoniak-Inversionspektrums als Frequenznormal und ihre Ausnutzung für die sogenannte "Atomuhr" bekannt. Im Vergleich zu der enormen technischen Bedeutung, welche die Spektroskopie im sichtbaren UV- und IR-Gebiet erhalten hat, ist das Fehlen eines Ausbaues der Mikrowellen-Spektroskopie für technische Zwecke erstaunlich und nur durch Mangel an Apparaturen und sowohl wissenschaftlich wie auch technisch interessierten Bearbeitern zu erklären. In der vorliegenden Arbeit soll zunächst in der Schaffung eines Leitfadens zur Mikrowellen-Spektroskopie der apparative Grundstein für eine Bearbeitung dieses Gebietes in Deutschland gelegt werden.



Studien zum zugehörigen Frequenzbereich der Molekülspektren im Mikrowellenbereich.

1. Schwingungsarten mit Spektren im Mikrowellenbereich.

Aus den bisherigen Veröffentlichungen über Molekülspektren, einfache Schwingungs- und Deformationsspektren im Mikrowellenbereich noch nicht gefunden wurden. Dagegen sind die Molekülspektren des Ammoniaks stark hervor getreten, ebenso die Molekülspektren zahlreicher Moleküle. Der Mikrowellenbereich der Spektroskopie ist in Tabelle I markieren. Das Inversionspektrum des Ammoniaks entsteht durch Übergänge von unteren zur oberen Teilniveau des Dubletts, in dem der Schwingungsgrad nur durch die quantenmechanische Resonanz der beiden gegenüber der zur B-Ebene gelegenen Molekülarrangierungen aufgespalten ist. In Tabelle II ist das Inversionspektrum des  $N^{14}H_3$ , in Tabelle III das des  $N^{15}H_3$  angegeben. Die Tabellen sind aus Lit. entnommen. Die Literaturangaben hierfür sind jeweils im Anschluß an die Tabellen zusammengestellt. Die Vielzahl der bisher gefundenen Rotationslinien im Mikrowellenbereich (im Landolt-Börnstein 9 Seiten) für  $CO$ ,  $NO$ ,  $H_2O$ ,  $OH$ ,  $CO_2$ ,  $NO_2$ ,  $CH_4$ ,  $CH_3$ ,  $CH_3Br$ ,  $CH_3I$ ,  $HF$ ,  $H_2S$ , und einige weitere, ähnlich gebaute Stoffe zeigt auf die Mikrowellenspektroskopie für eine große Reihe von Substanzen bereits erhebliche Bedeutung erreicht hat, und nicht deutet daraufhin, daß sie auf die bisher untersuchten Stoffe beschränkt bleiben müßte.

Für erste Untersuchungen wird es zweckmäßig sein, zunächst bereits bekannte Linien nachzuweisen. Da bereits ein HF-Spektrometer im Deutschland existiert (das HF-Spektrometer von OSV mit einem Wellenbereich von 3...12 cm) wird man dessen Verwendung für die Mikrowellen-Molekülspektroskopie prüfen müssen. Andererseits zeigen die bisherigen Veröffentlichungen, daß unterhalb 3 cm Wellenlänge ein starkes Anwachsen der Anzahl gefundener Linien zu beobachten ist. Es wird also notwendig werden, eine Apparatur auch für den Bereich unter 3 cm Wellenlänge zu entwickeln. Zunächst eine Zusammenstellung der für die beiden Fälle gut brauchbaren Linien!

1) Landolt-Börnstein, 6. Aufl. Nr. Phys.-Chem. Tabellen, Moleküle, I, Springer 1954

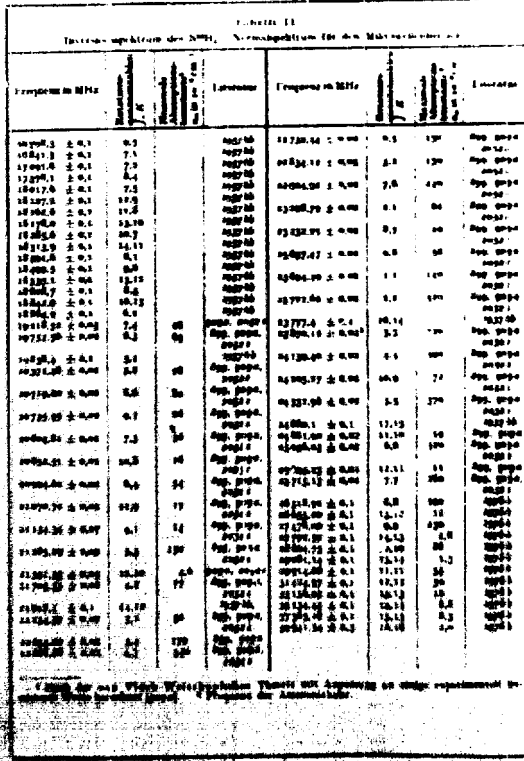
Mikrowellenbereich und Mikrowellenspektrographie

Mikrowellenbereich			
Wellenlänge $\lambda$ in cm	Frequenz $\nu$ in Megahertz (MHz)	Wellenabzahl $\nu$ in cm <sup>-1</sup>	Quantenenergie $E$ in Elektronenvolt
1,00	30000	3000	1,24
1,00	30000	3000	1,24
0,300	100000	10000	4,13
0,100	300000	30000	12,4
Zum Vergleich: 47 bis 203 Kertzgabel			
0,00491	6100000	61000	2,62
Exakte Umrechnung: $E(\text{eV}) = 4,798 \cdot 10^{-6} \cdot \nu(\text{MHz})$			

Mikrowellenspektrographie

Genauigkeit der absoluten Frequenzmessungen:  $\pm 10^{-4}$   
 Auflösungsvermögen:  $\pm 10^{-3}$   
 Empfindlichkeit (Mindestwert der maximalen Absorptionskonstante einer übermessenden wellenlängen Absorption):  $10^2 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^{-1}$   
 Spektralbereich, in dem diese Werte gelten: 10000 - 60000 MHz

Die kleinste in der Mikrowellentechnik bisher erreichte Wellenlänge ist 0,00491 cm



Tab. 1. Schwingungszustand und Rotationen der Moleküle

Tab. 1. Rotationspektren des  $N_2H_4$  (Nebenpektren für den Mikrowellenbereich)

Frequenz in MHz	Rotationsquantenzahl	Maximale Absorption	Literatur	Frequenz in MHz	Rotationsquantenzahl	Maximale Absorption	Frequenz
13997,2 ± 0,5	1	1	1057bb	21897,80 ± 0,02	5,1	0,04	Nop. 1957bb
13855,1 ± 0,5	1	1	1057bb	21937,91 ± 0,02	4,3	1,28	Nop. 1957bb
12941,4 ± 0,5	1	1	1057bb	21969,91 ± 0,02	6,5	0,46	Nop. 1957bb
12485,8 ± 0,5	1	1	1057bb	21981,98 ± 0,02	3,4	0,40	Nop. 1957bb
12088,2 ± 0,5	1	1	1057bb	21846,41 ± 0,02	2,6	0,80	Nop. 1957bb
11347,5 ± 0,5	1	1	1057bb	22044,28 ± 0,02	2,1	0,23	Nop. 1957bb
10704,1 ± 0,5	1	1	1057bb	22331,80 ± 0,02	8,7	0,05*	Nop. 1957bb
10709,2 ± 0,5	1	1	1057bb	22339,30 ± 0,02	6,8	0,22	Nop. 1957bb
10701,1 ± 0,5	1	1	1057bb	22922,50 ± 0,02	1,1	0,66	Nop. 1957bb
10701,1 ± 0,5	1	1	1057bb	22919,85 ± 0,02	4,3	1,25	Nop. 1957bb
10701,1 ± 0,5	1	1	1057bb	22769,41 ± 0,02	3,3	2,71	Nop. 1957bb
10094,6 ± 0,5	1	1	1057bb	23046,10 ± 0,02	4,4	1,47	Nop. 1957bb
10094,6 ± 0,5	1	1	1057bb	23054,07 ± 0,02	10,9	0,27	Nop. 1957bb
10131,6 ± 0,5	1	1	1057bb	23441,99 ± 0,02	3,3	1,35	Nop. 1957bb
10171,94 ± 0,02	1	0,57	Nop. 1957bb	23922,32 ± 0,02	6,8	1,17	Nop. 1957bb
20682,87 ± 0,02	1	4,1	0,29	24551,42 ± 0,02	7,7	0,09	Nop. 1957bb
21202,39 ± 0,02	1	1,1	0,11	25321,51 ± 0,02	8,8	0,08	Nop. 1957bb
				26241,6 ± 0,5	9,9		1057bb

Tab. 1. Rotationspektren des  $N_2H_4$  (Nebenpektren für den Mikrowellenbereich)

Tab. 1. Rotationspektren des FCl (Schwingungsgrundzustand)

Frequenz in MHz	Molekül (Junk)	Rotationsübergang	HFS-Übergang	Frequenz in MHz	Molekül (Junk)	Rotationsübergang	HFS-Übergang
29974,47 ± 0,07	FCl <sup>16</sup>	0 → 1	1 <sub>2</sub> → 1 <sub>2</sub>	30345,99 ± 0,07	FCl <sup>16</sup>	0 → 1	1 <sub>2</sub> → 1 <sub>2</sub>
30003,42 ± 0,07	FCl <sup>16</sup>	0 → 1	1 <sub>2</sub> → 1 <sub>2</sub>	30382,81 ± 0,07	FCl <sup>16</sup>	0 → 1	1 <sub>2</sub> → 1 <sub>2</sub>
30026,10 ± 0,07	FCl <sup>16</sup>	0 → 1	1 <sub>2</sub> → 1 <sub>2</sub>	30511,70 ± 0,07	FCl <sup>16</sup>	0 → 1	1 <sub>2</sub> → 1 <sub>2</sub>
30128,10 ± 0,04	FCl <sup>16</sup>	0 → 1	1 <sub>2</sub> → 1 <sub>2</sub>	30807,41 ± 0,04	FCl <sup>16</sup>	0 → 1	1 <sub>2</sub> → 1 <sub>2</sub>
30237,10 ± 0,04	FCl <sup>16</sup>	0 → 1	1 <sub>2</sub> → 1 <sub>2</sub>	30841,95 ± 0,04	FCl <sup>16</sup>	0 → 1	1 <sub>2</sub> → 1 <sub>2</sub>
30280,11 ± 0,04	FCl <sup>16</sup>	0 → 1	1 <sub>2</sub> → 1 <sub>2</sub>	30873,00 ± 0,04	FCl <sup>16</sup>	0 → 1	1 <sub>2</sub> → 1 <sub>2</sub>

Literatur: 259a

Tab. 1. Rotationspektren des JCl<sup>16</sup> (Schwingungsgrundzustand)

Tab. 1. Rotationspektren des JCl<sup>16</sup> (Schwingungsgrundzustand)

Frequenz in MHz	Rotationsübergang	HFS-Übergang	Frequenz in MHz	Rotationsübergang	HFS-Übergang
27194,75	3 → 4	1 <sub>2</sub> → 1 <sub>2</sub>	27402,93	3 → 4	1 <sub>2</sub> → 1 <sub>2</sub>
27204,61	3 → 4	1 <sub>2</sub> → 1 <sub>2</sub>	27405,05	3 → 4	1 <sub>2</sub> → 1 <sub>2</sub>
27204,61	3 → 4	1 <sub>2</sub> → 1 <sub>2</sub>	27333,45	3 → 4	1 <sub>2</sub> → 1 <sub>2</sub>
27208,51	3 → 4	1 <sub>2</sub> → 1 <sub>2</sub>	27336,68	3 → 4	1 <sub>2</sub> → 1 <sub>2</sub>
27217,51	3 → 4	1 <sub>2</sub> → 1 <sub>2</sub>			
27241,02	3 → 4	1 <sub>2</sub> → 1 <sub>2</sub>	27337,38	3 → 4	1 <sub>2</sub> → 1 <sub>2</sub>
27243,58	3 → 4	1 <sub>2</sub> → 1 <sub>2</sub>			
27248,34	3 → 4	1 <sub>2</sub> → 1 <sub>2</sub>	27346,31	3 → 4	1 <sub>2</sub> → 1 <sub>2</sub>
27249,99	3 → 4	1 <sub>2</sub> → 1 <sub>2</sub>	27351,71	3 → 4	1 <sub>2</sub> → 1 <sub>2</sub>
27254,00	3 → 4	1 <sub>2</sub> → 1 <sub>2</sub>	27356,58	3 → 4	1 <sub>2</sub> → 1 <sub>2</sub>
27283,06	3 → 4	1 <sub>2</sub> → 1 <sub>2</sub>	27357,74	3 → 4	1 <sub>2</sub> → 1 <sub>2</sub>
27286,13	3 → 4	1 <sub>2</sub> → 1 <sub>2</sub>			

Literatur: 213a

\* Berechnet für die mittlere Konzentration des  $N_2H_4$  von 0,30%. Im übrigen siehe Anm. 1 bei Tab. 11.  
 \* Diese gesamte hier vorgestellte Struktur besteht aus den HFS-Komponenten einer einzigen Rotationslinie. \* Im Index 1 in 1<sub>2</sub> bezieht sich auf den Jockern. \* Diese Terme können nicht mehr durch ein Gesamtschwingungszustand  $F = J + I_1 + I_2$  charakterisiert werden.

Die folgende Tabelle im Bereich des RF-Spektrums von 0,5 bis 12 GHz zeigt die in diesem Bereich beherrschte Gebiet (0,5...12 GHz) sind im vorliegenden Falle noch dadurch eingeschränkt, dass die für den Bereich des RF-Spektrums beherrschten sind. So kommt daher zunächst nur der Bereich von 0,5 ... 12 GHz und 0,5 ... 12 GHz in Betracht. Die Frequenzen 10 ... 8 und 3,5 ... 2,5 GHz in Frage. Für den langwelligen Bereich sind bisher keine Linien angegeben worden. Sie dürften jedoch mit Hilfe des Stern- oder des Messen-Effectes auch in diesem Bereich Spektrallinien zu erhalten sein. Für den kurzwelligen Bereich können folgende Notationlinien in Betracht:

Tabelle 11: Molekülspektren im Bereich von 0,5...1000 MHz.

Einfache Moleküle	Frequenz	Literatur
CO <sub>2</sub> 12 16 74	8 190 MHz	2052 g
CO <sub>2</sub> 12 16 76	8 135 MHz	"
CO <sub>2</sub> 12 16 77	8 110 MHz	"
CO <sub>2</sub> 12 16 78	8 085 MHz	"
CO <sub>2</sub> 12 16 80	8 045 MHz	"
CO <sub>2</sub> 12 16 82	7 995 MHz	"
CO <sub>2</sub> 12 16 78	8 010 MHz	"
CO <sub>2</sub> 13 16 80	7 950 MHz	"
Br <sub>2</sub> 79 81 12	8 840 MHz	2006 e
Br <sub>2</sub> 79 81 13	8 150 MHz	2193 b
Br <sub>2</sub> 81 81 12	8 190 MHz	2006 e
Br <sub>2</sub> 81 81 13	8 100 MHz	"
Hydrocyanid	8 870 MHz	1977 b
Br <sub>2</sub> 81 81 12	8 840 MHz	"
Hydrocyanid	8 820 MHz	340 e
Cl <sub>2</sub> 35 37 12	8 820 MHz	"

Spektralanalyse

- 2002 a Straubenz, Sautter und Hill;  
Phys. Rev. 70, (1949), 827.
- 2003 b Tolson, Holten und Gerritt;  
Phys. Rev. 74, (1948), 1115.
- 2006 c Smith, Gordy, Simons u. a.  
Phys. Rev. 74, (1948), 370.
- 1907 b Schaffer, Bragg, Madison u. a.  
Phys. Rev. 76, (1949), 1419 (1529Y)
- 540 a Keller, Jays, Townes;  
Phys. Rev. 76, (1949), 136 und 472.

b) Spektrallinien unter 5 cm.

Hier mußte eine starke Einschränkung durch die  
Generatorfrage in Kauf genommen werden! Aus später  
genauer angeführten Gründen kommt maximal zunächst  
nur der Bereich von  $\lambda = 1 \dots 1,5$  cm infrage.  
Außer den in Tabelle II und III bereits angegebenen  
Linien des Ammoniak fallten folgende Rotationslinien  
anderer Stoffe in den Bereich:

Tabelle V; Rotationspektren im Bereich  
1,0 ..... 1,3 cm

Substanz	Frequenz	Rotations- übergang	Literaturstellen
$\text{CH}_3\text{Cl}$	bis 27 000 MHz	Schwingungsgrund- zustand	2153e.
$\text{CH}_3\text{Br}$	bis 25 000 MHz		460b, 460c, 909a.
$\text{CH}_3\text{I}$	23 000 - 24 300 MHz	1 - 2	225a, 2153b, 1442b, 2153b, 540f, 2152a, 1873b, 2052h.
$\text{CH}_3\text{F}$	25 880 - 24 500 MHz	2 - 3	2052g.
$\text{CH}_3\text{OH}$	23 970 - 25 980 MHz	1 - 2	2153b.
$\text{CH}_3\text{NH}_2$	24 465 - 24 880 MHz	2 - 3	2153b.
$\text{CH}_3\text{CN}$	25 400 - 26 000 MHz	3 - 4	2153b.
$\text{CH}_2\text{Cl}_2$	25 150 MHz	0 - 1	912a.
$\text{CH}_2\text{F}_2$	28 000 - 29 750 MHz	1 - 2	912a.
$\text{AsF}_3$	25 500 MHz	1 - 2	909a.
$\text{ClSiH}_3$	26 000 MHz	1 - 2	1997a.
$\text{BrSiH}_3$	24 000 - 26 000 MHz	2 - 3	1997a.
$\text{H}_2\text{O} - \text{CH}_2\text{O}$	25 600 - 30 000 MHz		512, 2052a.

Literaturstellen zu Tabelle V.

2153e. Townes, Wright und Merritt; Phys. Rev. 73 (1948) 1334.  
 460b. Coles, Blyash und German; Phys. Rev. 72 (1947) 972.  
 460c. Coles und Hughes; Phys. Rev. 76 (1949) 178 und 495.  
 225a. Bianco, Matlack und Roberts; Phys. Rev. 76 (1949) 677.  
 2153b. Townes, Kelden und Merritt; Phys. Rev. 74 (1948) 1113.  
 1442b. Low und Townes; Phys. Rev. 71 (1947) 909.  
 540f. Dakin, Good und Coles; Phys. Rev. 71 (1947) 600.  
 2152a. Townes und Beechwind; Phys. Rev. 74 (1948) 688.  
 1873b. Roberts; Phys. Rev. 73, (1948) 1409.

- 11 -

1052b Strömberg, Fertlitz und Kyhl; Phys. Rev. 75 (1949) 270.  
1052c Strömberg, Fertlitz und Hill; Phys. Rev. 75 (1949) 327.  
112e Gordy, Simons und Smith; Phys. Rev. (1948) 243.  
1187a Sharbaugh; Phys. Rev. 74 (1948) 1870.  
1187b Sharbaugh, Bragg und Madison; Phys. Rev. (1949) 1419.  
119 Cundinches, Boyd, Swinn u. a.; Nuclear Physic 17(1949)211  
112aa Le Van und Swinn; Phys. Rev. 74 (1948) 1527.

Damit sind die Grundlagen für eine Auswahl der günstigsten Untersuchungsmethode gegeben, die sich zunächst ansetzen an einer in Anlehnung bereits gebräuchlichen Verfahren ansetzen wird. Hierzu der folgende Abschnitt.

B. Auswahl der Untersuchungsmethode.

a) Die bisherigen Hohraumabsorptionsapparaturen.

Das Rechenystem von C o e d . (Phys. Rev. 70, 213, 46)

Als Generator für die UHF-Energie wird eine kontinuierlich über ein breites Frequenzband durchstimmbare Oszillatortröhre benutzt, die durch Anlegen einer variierenden Spannung an einer der Elektroden frequenzmoduliert werden kann. Der eine Abschnitt des benutzten Hohlleitersystems ( $\sim 2$  m lang) ist an den Enden mit einem dünnen dielektrischen Band druckfest gemacht. Dieser Abschnitt ist das Absorptionsgefäß und mit einer Vakuumpumpe und der Gasfüllapparatur (8) verbunden. Hinter dem Absorptionsgefäß wird ein Kristalldetektor (10) als Empfänger benutzt. Die folgende Abb. 1 zeigt die Apparatur (Block-Diagramm):

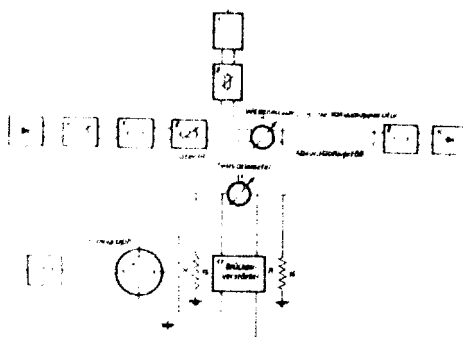


Abb 1 Schema der Brückenapparatur von Good

1; ... Temperatur von Good.

Die Brücke besteht aus dem Oszillator (1) in einem Hohlleiter, der die Energie zum Dämpfungsglied (2), der zur Einstellung des Absorptionswertes im reellen System dient, und wandert zum Verteiler (3) in der Mitte der Abbildung. Hier teilt sich die Energie; die eine Hälfte wandert durch das Absorptionsgefäß (9) (rechts) und fließt zum Detektor (10), die andere Hälfte in einen anderen Hohlleiter durch die verschiedenen Dämpfungsglieder (4, 5, 6) zum Detektor (5). Der von den beiden Detektoren (3, 10) gleichgerichtete Strom wird geerdet über die Widerstände (1, 10). Ein Galvanometer (11) ist mit beiden Widerständen verbunden. Diese Anordnung gestattet, das System durch Einstellung der verschiedenen Dämpfungsglieder (4, 5, 6) so ins Gleichgewicht zu bringen, daß der Strom durch das Galvanometer (11) verschwindet. Ist dies einmal geschehen, werden Schwankungen der Oszillatorleistung auch gleiche Schwankungen in den beiden Kristallströmen hervorrufen und so ausgeglichen werden. Dieses Brückensystem ist besonders zur Messung geringer Dämpfungen nützlich. Zur Absorptionsmessung wird das Glasgefäß evakuiert und der Dämpfungsglied (4) so justiert, daß die Brücke im Gleichgewicht ist. Dann wird das Gas in das Absorptionsgefäß gebracht. Die dadurch hervorgerufene Störung wird durch Einstellung des gesuchten Dämpfungsglieds (6) beseitigt, so daß das Galvanometer (11) wieder Null zeigt.



- 13 -

und durch das Gas hervorgerufene Dämpfung ist direkt am gedichteten Dämpfungregler (6) abzulesen. Zur Messung der Absorption mit der Gasabsorption von der Frequenz muß diese Schritt für Schritt geändert werden und das obige Verfahren jedesmal wiederholt werden. Wenn die Absorptionslinien genügend schmal sind, ist es leichter, eine besondere Linie durch Überstreichen der Oszillatorfrequenz über den Frequenzbereich der Linie zu identifizieren. Dies kann durch Anlegen einer Bogenspannung (10) an eine der Elektroden geschehen. Durch Synchronisation mit der horizontalen Ablenkung eines Oszillographen (14) erhält man ein Spektroskop, wobei die Horizontalskala zur Frequenzskala wird. Ein Hochverstärker (12) verstärkt die zwischen den beiden Überleitern (15, 16) entstehende Differenzspannung und gibt sie auf die Vertikalablenkung des Oszillographen. Bei Absorption erscheint diese somit auf dem Oszillographenschirm.

Der Wellenmesser vom Hohlraumtyp ist an den Hochleiter angeschlossen und hat dieselbe Wirkung wie das absorbierende Gas. Sein "Zeichen" wird der zu messenden Linie überlagert und die Frequenz an seiner Skala abgelesen. Es wurde geeicht mittels der Harmonischen eines Oszillators, der mit Standardfrequenzen im MHz synchronisiert wurde. Der geeichte Dämpfungregler wurde mittels eines Kolometers vom Thermistertyp in Brückenschaltung geeicht.

Genauigkeit der Frequenzmessung:  $\pm 5$  MHz  
 Genauigkeit der Dämpfungsmessung:  $\pm 10$  %  
 Korrekturfaktor:  $1/2$  g

Die Dämpfungswerte (5) und (9) gleichen Unterschiede der Detektoren und Hohlleiterlängen aus.

Die Reflexionsapparatur mit stehenden Wellen und die Brücken-Apparatur von Townes (Phys. Rev. 70, 665, 46).  
 a) Townes benutzte je nach dem herrschenden Gasdruck zwei verschiedene Apparaturen. Die für Drücke  $> 0,27$  mm Hg brauchbare Apparatur zeigt das folgende Blockdiagramm (Abb. 2):

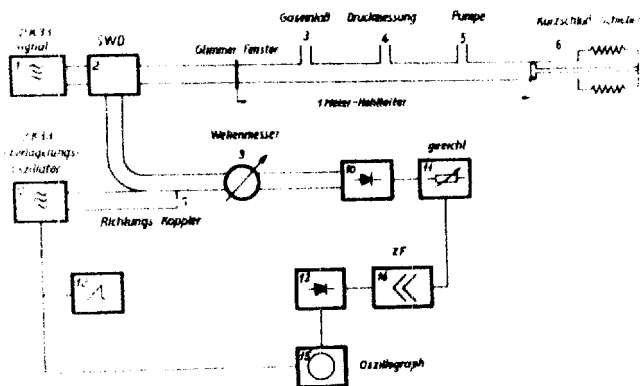


Abb. 2 Schema der Brückenapparatur von Townes für höheren Druck

Abb. 2] Schema der Brückenapparatur von Townes für höheren Druck.

Das  $\text{NH}_3$ -Gas befand sich in einem 1 Meter langen Hohlleiter mit kleinen Stiftdurchführungen (3, 4, 5), sodass der Druck gemessen und geändert werden, aber die Strahlung nicht hinaustreten konnte. In dem Hohlleiter eingesetzte Glimmerfenster schützten das  $\text{NH}_3$  vor dem atmosphärischen Druck. Als Signal- und Überlagerungsoszillatoren wurden die Type 2 K 33 benutzt, wobei der Überlagerungsoszillator (7) durch Anlegen einer Sinusspannung (17) an die Kathodentrommel etwa 10 MHz überstrich. Der "stehende-Wellen-Detektor" (SWD) (2) ist eine Sonde, welche mehrere Wellenlängen lang über den Hohlleiter beweglich ist und so die Maxima und Minima der stehenden Welle erkennen kann. Die Intensität der stehenden Welle wurde mittels der gerichteten Dämpfung (11) abgelesen.

daß es eine Standardablenkung auf dem Oszillographen lieferte. Die Differenz der Dämpfungsanstellung mit dem SWB (2) von Maxima und Minima erlaubt die Bestimmung der Dämpfung, die die Strahlung erlitten hat, welche den Hohlraum zum Kurzschlußschieber (6) und zurück durchwandert. Messungen wurden mit zwei Einstellungen des Kurzschlußschiebers (6)  $1/4 \lambda$  beiderseits gemacht. Das Mittel dieser beiden Messungen schließt gewisse Fehler wie die durch geringe Reflexionen an den Glasfenstern entstandenen aus. Der evakuierte Hohlleiter besaß eine Dämpfung von ca.  $5 \cdot 10^{-4}$  Np/cm. Diese war von derselben Größenordnung wie die durch das  $\text{NH}_3$  entstandene und wurde von der Gesamtdämpfung abgezogen. Der Wellenmesser (9) ist ein abstimmbarer Resonanzhohlraum mit geringer Kopplung an den Hohlleiter und war geeicht von 23 500 bis 24 500 MHz. Die Genauigkeit der Dämpfungsmessung wurde auf  $2 \cdot 10^{-3}$  Np/cm absolut geschätzt. Die Genauigkeit der Wellenmesseranweisung wurde auf 2 MHz geschätzt. Die Dämpfung der  $\text{NH}_3$ - (3,3)-Linie betrug im Hohlleiter  $5 \cdot 10^{-4}$  Np/cm.

b) Die beschriebene Technik konnte bei Drücken  $< 0,5$  mm Hg nicht mehr benutzt werden, da der Signaloszillator nicht frequenzstabilisiert war und während der einzelnen Messung eine beträchtliche Frequenzänderung aufwies. Die für niedrigere Drücke benutzte Technik wird im folgenden Blockdiagramm (Abb. 3) gezeigt (Brückenapparat):

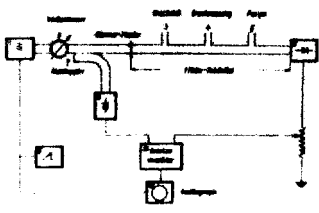


Abb. 3 Schema der Brückenapparat von Townes für geringen Druck

Abb. 3; Schema der Brückenapparat von Townes für geringen Druck.

Ein einzelner Signaloszillator (1) überstricht ca. 10 MHz. Seine Ausgangsleistung wurde mittels eines Kristalles (2) vor dem Eintritt in den  $MH_2$  enthaltenden Hohlleiter und mittels eines zweiten Kristalles (3) nach Durchsetzung des  $MH_2$  gemessen. Die Differenz zwischen den Signalen von diesen beiden Kristallen wurde verstärkt (4) und an die Vertikalablenkung eines Oszillographen (5) gelegt, dessen Horizontalachse mit dem Oszillatorhub synchronisiert war (in der üblichen Weise). Auf diese Weise wurde auf dem Oszillographenschirm ein Koordinatensystem "Absorption über Frequenz" erhalten.

Servosystem für Sättigungseffekt von Carter und Smith (Phys. Rev. 73, 1053, 48).

Die benutzte Apparatur wird schematisch in der folgenden Abbildung 4 wiedergegeben:

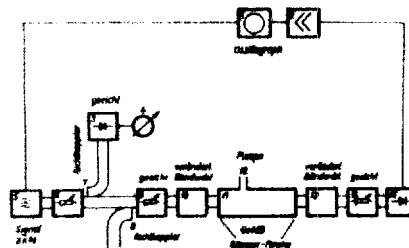


Abb 4 Schema der Meßapparatur von Carter u. Smith

Abb. 4) Schema der Meßapparatur von Carter und Smith.

Als Signal-Oszillator wurde ein 2 K 50-Reflex-Klystron der Western Electric benutzt. Eine Hochspannung wurde einem Pentod-Oszillographen zugeführt und an den Reflektor der Kathode gelegt. Die benutzte Spannung reichte aus, die Kathode ca. 10 MHz zu durchdringen zu lassen. Innerhalb dieses Bereiches war die Durchdringung sehr genau, da die Reflexionart (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10) (11) (12) (13) (14) (15) (16) (17) (18) (19) (20) (21) (22) (23) (24) (25) (26) (27) (28) (29) (30) (31) (32) (33) (34) (35) (36) (37) (38) (39) (40) (41) (42) (43) (44) (45) (46) (47) (48) (49) (50) (51) (52) (53) (54) (55) (56) (57) (58) (59) (60) (61) (62) (63) (64) (65) (66) (67) (68) (69) (70) (71) (72) (73) (74) (75) (76) (77) (78) (79) (80) (81) (82) (83) (84) (85) (86) (87) (88) (89) (90) (91) (92) (93) (94) (95) (96) (97) (98) (99) (100) (101) (102) (103) (104) (105) (106) (107) (108) (109) (110) (111) (112) (113) (114) (115) (116) (117) (118) (119) (120) (121) (122) (123) (124) (125) (126) (127) (128) (129) (130) (131) (132) (133) (134) (135) (136) (137) (138) (139) (140) (141) (142) (143) (144) (145) (146) (147) (148) (149) (150) (151) (152) (153) (154) (155) (156) (157) (158) (159) (160) (161) (162) (163) (164) (165) (166) (167) (168) (169) (170) (171) (172) (173) (174) (175) (176) (177) (178) (179) (180) (181) (182) (183) (184) (185) (186) (187) (188) (189) (190) (191) (192) (193) (194) (195) (196) (197) (198) (199) (200) (201) (202) (203) (204) (205) (206) (207) (208) (209) (210) (211) (212) (213) (214) (215) (216) (217) (218) (219) (220) (221) (222) (223) (224) (225) (226) (227) (228) (229) (230) (231) (232) (233) (234) (235) (236) (237) (238) (239) (240) (241) (242) (243) (244) (245) (246) (247) (248) (249) (250) (251) (252) (253) (254) (255) (256) (257) (258) (259) (260) (261) (262) (263) (264) (265) (266) (267) (268) (269) (270) (271) (272) (273) (274) (275) (276) (277) (278) (279) (280) (281) (282) (283) (284) (285) (286) (287) (288) (289) (290) (291) (292) (293) (294) (295) (296) (297) (298) (299) (300) (301) (302) (303) (304) (305) (306) (307) (308) (309) (310) (311) (312) (313) (314) (315) (316) (317) (318) (319) (320) (321) (322) (323) (324) (325) (326) (327) (328) (329) (330) (331) (332) (333) (334) (335) (336) (337) (338) (339) (340) (341) (342) (343) (344) (345) (346) (347) (348) (349) (350) (351) (352) (353) (354) (355) (356) (357) (358) (359) (360) (361) (362) (363) (364) (365) (366) (367) (368) (369) (370) (371) (372) (373) (374) (375) (376) (377) (378) (379) (380) (381) (382) (383) (384) (385) (386) (387) (388) (389) (390) (391) (392) (393) (394) (395) (396) (397) (398) (399) (400) (401) (402) (403) (404) (405) (406) (407) (408) (409) (410) (411) (412) (413) (414) (415) (416) (417) (418) (419) (420) (421) (422) (423) (424) (425) (426) (427) (428) (429) (430) (431) (432) (433) (434) (435) (436) (437) (438) (439) (440) (441) (442) (443) (444) (445) (446) (447) (448) (449) (450) (451) (452) (453) (454) (455) (456) (457) (458) (459) (460) (461) (462) (463) (464) (465) (466) (467) (468) (469) (470) (471) (472) (473) (474) (475) (476) (477) (478) (479) (480) (481) (482) (483) (484) (485) (486) (487) (488) (489) (490) (491) (492) (493) (494) (495) (496) (497) (498) (499) (500) (501) (502) (503) (504) (505) (506) (507) (508) (509) (510) (511) (512) (513) (514) (515) (516) (517) (518) (519) (520) (521) (522) (523) (524) (525) (526) (527) (528) (529) (530) (531) (532) (533) (534) (535) (536) (537) (538) (539) (540) (541) (542) (543) (544) (545) (546) (547) (548) (549) (550) (551) (552) (553) (554) (555) (556) (557) (558) (559) (560) (561) (562) (563) (564) (565) (566) (567) (568) (569) (570) (571) (572) (573) (574) (575) (576) (577) (578) (579) (580) (581) (582) (583) (584) (585) (586) (587) (588) (589) (590) (591) (592) (593) (594) (595) (596) (597) (598) (599) (600) (601) (602) (603) (604) (605) (606) (607) (608) (609) (610) (611) (612) (613) (614) (615) (616) (617) (618) (619) (620) (621) (622) (623) (624) (625) (626) (627) (628) (629) (630) (631) (632) (633) (634) (635) (636) (637) (638) (639) (640) (641) (642) (643) (644) (645) (646) (647) (648) (649) (650) (651) (652) (653) (654) (655) (656) (657) (658) (659) (660) (661) (662) (663) (664) (665) (666) (667) (668) (669) (670) (671) (672) (673) (674) (675) (676) (677) (678) (679) (680) (681) (682) (683) (684) (685) (686) (687) (688) (689) (690) (691) (692) (693) (694) (695) (696) (697) (698) (699) (700) (701) (702) (703) (704) (705) (706) (707) (708) (709) (710) (711) (712) (713) (714) (715) (716) (717) (718) (719) (720) (721) (722) (723) (724) (725) (726) (727) (728) (729) (730) (731) (732) (733) (734) (735) (736) (737) (738) (739) (740) (741) (742) (743) (744) (745) (746) (747) (748) (749) (750) (751) (752) (753) (754) (755) (756) (757) (758) (759) (760) (761) (762) (763) (764) (765) (766) (767) (768) (769) (770) (771) (772) (773) (774) (775) (776) (777) (778) (779) (780) (781) (782) (783) (784) (785) (786) (787) (788) (789) (790) (791) (792) (793) (794) (795) (796) (797) (798) (799) (800) (801) (802) (803) (804) (805) (806) (807) (808) (809) (810) (811) (812) (813) (814) (815) (816) (817) (818) (819) (820) (821) (822) (823) (824) (825) (826) (827) (828) (829) (830) (831) (832) (833) (834) (835) (836) (837) (838) (839) (840) (841) (842) (843) (844) (845) (846) (847) (848) (849) (850) (851) (852) (853) (854) (855) (856) (857) (858) (859) (860) (861) (862) (863) (864) (865) (866) (867) (868) (869) (870) (871) (872) (873) (874) (875) (876) (877) (878) (879) (880) (881) (882) (883) (884) (885) (886) (887) (888) (889) (890) (891) (892) (893) (894) (895) (896) (897) (898) (899) (900) (901) (902) (903) (904) (905) (906) (907) (908) (909) (910) (911) (912) (913) (914) (915) (916) (917) (918) (919) (920) (921) (922) (923) (924) (925) (926) (927) (928) (929) (930) (931) (932) (933) (934) (935) (936) (937) (938) (939) (940) (941) (942) (943) (944) (945) (946) (947) (948) (949) (950) (951) (952) (953) (954) (955) (956) (957) (958) (959) (960) (961) (962) (963) (964) (965) (966) (967) (968) (969) (970) (971) (972) (973) (974) (975) (976) (977) (978) (979) (980) (981) (982) (983) (984) (985) (986) (987) (988) (989) (990) (991) (992) (993) (994) (995) (996) (997) (998) (999) (1000) (1001) (1002) (1003) (1004) (1005) (1006) (1007) (1008) (1009) (1010) (1011) (1012) (1013) (1014) (1015) (1016) (1017) (1018) (1019) (1020) (1021) (1022) (1023) (1024) (1025) (1026) (1027) (1028) (1029) (1030) (1031) (1032) (1033) (1034) (1035) (1036) (1037) (1038) (1039) (1040) (1041) (1042) (1043) (1044) (1045) (1046) (1047) (1048) (1049) (1050) (1051) (1052) (1053) (1054) (1055) (1056) (1057) (1058) (1059) (1060) (1061) (1062) (1063) (1064) (1065) (1066) (1067) (1068) (1069) (1070) (1071) (1072) (1073) (1074) (1075) (1076) (1077) (1078) (1079) (1080) (1081) (1082) (1083) (1084) (1085) (1086) (1087) (1088) (1089) (1090) (1091) (1092) (1093) (1094) (1095) (1096) (1097) (1098) (1099) (1100) (1101) (1102) (1103) (1104) (1105) (1106) (1107) (1108) (1109) (1110) (1111) (1112) (1113) (1114) (1115) (1116) (1117) (1118) (1119) (1120) (1121) (1122) (1123) (1124) (1125) (1126) (1127) (1128) (1129) (1130) (1131) (1132) (1133) (1134) (1135) (1136) (1137) (1138) (1139) (1140) (1141) (1142) (1143) (1144) (1145) (1146) (1147) (1148) (1149) (1150) (1151) (1152) (1153) (1154) (1155) (1156) (1157) (1158) (1159) (1160) (1161) (1162) (1163) (1164) (1165) (1166) (1167) (1168) (1169) (1170) (1171) (1172) (1173) (1174) (1175) (1176) (1177) (1178) (1179) (1180) (1181) (1182) (1183) (1184) (1185) (1186) (1187) (1188) (1189) (1190) (1191) (1192) (1193) (1194) (1195) (1196) (1197) (1198) (1199) (1200) (1201) (1202) (1203) (1204) (1205) (1206) (1207) (1208) (1209) (1210) (1211) (1212) (1213) (1214) (1215) (1216) (1217) (1218) (1219) (1220) (1221) (1222) (1223) (1224) (1225) (1226) (1227) (1228) (1229) (1230) (1231) (1232) (1233) (1234) (1235) (1236) (1237) (1238) (1239) (1240) (1241) (1242) (1243) (1244) (1245) (1246) (1247) (1248) (1249) (1250) (1251) (1252) (1253) (1254) (1255) (1256) (1257) (1258) (1259) (1260) (1261) (1262) (1263) (1264) (1265) (1266) (1267) (1268) (1269) (1270) (1271) (1272) (1273) (1274) (1275) (1276) (1277) (1278) (1279) (1280) (1281) (1282) (1283) (1284) (1285) (1286) (1287) (1288) (1289) (1290) (1291) (1292) (1293) (1294) (1295) (1296) (1297) (1298) (1299) (1300) (1301) (1302) (1303) (1304) (1305) (1306) (1307) (1308) (1309) (1310) (1311) (1312) (1313) (1314) (1315) (1316) (1317) (1318) (1319) (1320) (1321) (1322) (1323) (1324) (1325) (1326) (1327) (1328) (1329) (1330) (1331) (1332) (1333) (1334) (1335) (1336) (1337) (1338) (1339) (1340) (1341) (1342) (1343) (1344) (1345) (1346) (1347) (1348) (1349) (1350) (1351) (1352) (1353) (1354) (1355) (1356) (1357) (1358) (1359) (1360) (1361) (1362) (1363) (1364) (1365) (1366) (1367) (1368) (1369) (1370) (1371) (1372) (1373) (1374) (1375) (1376) (1377) (1378) (1379) (1380) (1381) (1382) (1383) (1384) (1385) (1386) (1387) (1388) (1389) (1390) (1391) (1392) (1393) (1394) (1395) (1396) (1397) (1398) (1399) (1400) (1401) (1402) (1403) (1404) (1405) (1406) (1407) (1408) (1409) (1410) (1411) (1412) (1413) (1414) (1415) (1416) (1417) (1418) (1419) (1420) (1421) (1422) (1423) (1424) (1425) (1426) (1427) (1428) (1429) (1430) (1431) (1432) (1433) (1434) (1435) (1436) (1437) (1438) (1439) (1440) (1441) (1442) (1443) (1444) (1445) (1446) (1447) (1448) (1449) (1450) (1451) (1452) (1453) (1454) (1455) (1456) (1457) (1458) (1459) (1460) (1461) (1462) (1463) (1464) (1465) (1466) (1467) (1468) (1469) (1470) (1471) (1472) (1473) (1474) (1475) (1476) (1477) (1478) (1479) (1480) (1481) (1482) (1483) (1484) (1485) (1486) (1487) (1488) (1489) (1490) (1491) (1492) (1493) (1494) (1495) (1496) (1497) (1498) (1499) (1500) (1501) (1502) (1503) (1504) (1505) (1506) (1507) (1508) (1509) (1510) (1511) (1512) (1513) (1514) (1515) (1516) (1517) (1518) (1519) (1520) (1521) (1522) (1523) (1524) (1525) (1526) (1527) (1528) (1529) (1530) (1531) (1532) (1533) (1534) (1535) (1536) (1537) (1538) (1539) (1540) (1541) (1542) (1543) (1544) (1545) (1546) (1547) (1548) (1549) (1550) (1551) (1552) (1553) (1554) (1555) (1556) (1557) (1558) (1559) (1560) (1561) (1562) (1563) (1564) (1565) (1566) (1567) (1568) (1569) (1570) (1571) (1572) (1573) (1574) (1575) (1576) (1577) (1578) (1579) (1580) (1581) (1582) (1583) (1584) (1585) (1586) (1587) (1588) (1589) (1590) (1591) (1592) (1593) (1594) (1595) (1596) (1597) (1598) (1599) (1600) (1601) (1602) (1603) (1604) (1605) (1606) (1607) (1608) (1609) (1610) (1611) (1612) (1613) (1614) (1615) (1616) (1617) (1618) (1619) (1620) (1621) (1622) (1623) (1624) (1625) (1626) (1627) (1628) (1629) (1630) (1631) (1632) (1633) (1634) (1635) (1636) (1637) (1638) (1639) (1640) (1641) (1642) (1643) (1644) (1645) (1646) (1647) (1648) (1649) (1650) (1651) (1652) (1653) (1654) (1655) (1656) (1657) (1658) (1659) (1660) (1661) (1662) (1663) (1664) (1665) (1666) (1667) (1668) (1669) (1670) (1671) (1672) (1673) (1674) (1675) (1676) (1677) (1678) (1679) (1680) (1681) (1682) (1683) (1684) (1685) (1686) (1687) (1688) (1689) (1690) (1691) (1692) (1693) (1694) (1695) (1696) (1697) (1698) (1699) (1700) (1701) (1702) (1703) (1704) (1705) (1706) (1707) (1708) (1709) (1710) (1711) (1712) (1713) (1714) (1715) (1716) (1717) (1718) (1719) (1720) (1721) (1722) (1723) (1724) (1725) (1726) (1727) (1728) (1729) (1730) (1731) (1732) (1733) (1734) (1735) (1736) (1737) (1738) (1739) (1740) (1741) (1742) (1743) (1744) (1745) (1746) (1747) (1748) (1749) (1750) (1751) (1752) (1753) (1754) (1755) (1756) (1757) (1758) (1759) (1760) (1761) (1762) (1763) (1764) (1765) (1766) (1767) (1768) (1769) (1770) (1771) (1772) (1773) (1774) (1775) (1776) (1777) (1778) (1779) (1780) (1781) (1782) (1783) (1784) (1785) (1786) (1787) (1788) (1789) (1790) (1791) (1792) (1793) (1794) (1795) (1796) (1797) (1798) (1799) (1800) (1801) (1802) (1803) (1804) (1805) (1806) (1807) (1808) (1809) (1810) (1811) (1812) (1813) (1814) (1815) (1816) (1817) (1818) (1819) (1820) (1821) (1822) (1823) (1824) (1825) (1826) (1827) (1828) (1829) (1830) (1831) (1832) (1833) (1834) (1835) (1836) (1837) (1838) (1839) (1840) (1841) (1842) (1843) (1844) (1845) (1846) (1847) (1848) (1849) (1850) (1851) (1852) (1853) (1854) (1855) (1856) (1857) (1858) (1859) (1860) (1861) (1862) (1863) (1864) (1865) (1866) (1867) (1868) (1869) (1870) (1871) (1872) (1873) (1874) (1875) (1876) (1877) (1878) (1879) (1880) (1881) (1882) (1883) (1884) (1885) (1886) (1887) (1888) (1889) (1890) (1891) (1892) (1893) (1894) (1895) (1896) (1897) (1898) (1899) (1900) (1901) (1902) (1903) (1904) (1905) (1906) (1907) (1908) (1909) (1910) (1911) (1912) (1913) (1914) (1915) (1916) (1917) (1918) (1919) (1920) (1921) (1922) (1923) (1924) (1925) (1926) (1927) (1928) (1929) (1930) (1931) (1932) (1933) (1934) (1935) (1936) (1937) (1938) (1939) (1940) (1941) (1942) (1943) (1944) (1945) (1946) (1947) (1948) (1949) (1950) (1951) (1952) (1953) (1954) (1955) (1956) (1957) (1958) (1959) (1960) (1961) (1962) (1963) (1964) (1965) (1966) (1967) (1968) (1969) (1970) (1971) (1972) (1973) (1974) (1975) (1976) (1977) (1978) (1979) (1980) (1981) (1982) (1983) (1984) (1985) (1986) (1987) (1988) (1989) (1990) (1991) (1992) (1993) (1994) (1995) (1996) (1997) (1998) (1999) (2000) (2001) (2002) (2003) (2004) (2005) (2006) (2007) (2008) (2009) (2010) (2011) (2012) (2013) (2014) (2015) (2016) (2017) (2018) (2019) (2020) (2021) (2022) (2023) (2024) (2025) (2026) (2027) (2028) (2029) (2030) (2031) (2032) (2033) (2034) (2035) (2036) (2037) (2038) (2039) (2040) (2041) (2042) (2043) (2044) (2045) (2046) (2047) (2048) (2049) (2050) (2051) (2052) (2053) (2054) (2055) (2056) (2057) (2058) (2059) (2060) (2061) (2062) (2063) (2064) (2065) (2066) (2067) (2068) (2069) (2070) (2071) (2072) (2073) (2074) (2075) (2076) (2077) (2078) (2079) (2080) (2081) (2082) (2083) (2084) (2085) (2086) (2087) (2088) (2089) (2090) (2091) (2092) (2093) (2094) (2095) (2096) (2097) (2098) (2

- 17 -

erhalten wurde, welcher gegen einen Thermistor geschickt wurde. Die geraden, durch die Glimmerfenster entstandenen Reflexionen wurden durch die veränderlichen Blindwiderstände (10, 13) kompensiert. Die Güte der Abstimmung wurde überprüft und zwar sowohl durch Verringerung der Reflexionen (beim Richtkoppler (8) beobachtet) als auch durch Erhalt einer glatten Registrierkurve auf dem Oscillographenschirm, welcher an den Kristall (15) über einen Verstärker angeschlossen war. Der Kristall wurde auf Eliminierung von Reflexionen abgestimmt. Im allgemeinen wurden die gezeichneten Messungen (9) und (14) gleichzeitig verändert, um den Leistungseingang in das Gefäß unter gleichzeitiger Konstanthaltung des Eingangs zum Kristall (15) auf einem konstanten Niveau in dem Bereich zu halten, wo die Kristallcharakteristik eine Proportionalität zur Leistung ergibt. Damit sollten alle Möglichkeiten einer Änderung der Linienform durch Kristallsättigung ausgeschlossen werden. Ein zusätzlicher Erfolg der Verwendung eines konstanten Kristalleinganges war ein konstanter Ausschlag und eine konstante (geringe) Krümmung der Baseline.

Der Vorverstärker und der Oscillograph hatten eine ebene Charakteristik von 10 bis 100 000 Hz. Da eine Subfrequenz von 120 Hz benutzt wurde, (im allgemeinen) war bei der Reproduktion der Absorptionslinien keine Verzerrung vorhanden. Die 2 m-Gefäßlänge gab ohne EI, nur 1 dB Dämpfung, sodass die Leistung über die Gefäßlänge als konstant betrachtet werden konnte. Der Querschnitt betrug  $10,7 \cdot 4,3$  mm.

#### 8) Die Atomstrahlresonanzmethode und die Kerninduktionsapparaturen.

Die Wirkung sowie der Atomstrahlresonanzmethode kann mit Vorteil veranschaulicht werden. Das Beispiel einer tatsächlich benutzten Apparatur ist in Abb. 5 gezeigt. Der Atomstrahlresonanzkopf (2) ruht von je 1 m Länge mit einer Masse von 100 mg pro cm ist so betr. wichtig da eine Länge von 10 cm von einer ebenen 1 m für die Resonanzfrequenz von 100 MHz. Außerdem ist hier, das mit der Resonanzfrequenz von 100 MHz ist die Resonanzfrequenz von 100 MHz. Die Resonanzfrequenz ist die Resonanzfrequenz von 100 MHz. Die Resonanzfrequenz ist die Resonanzfrequenz von 100 MHz.

- 13 -

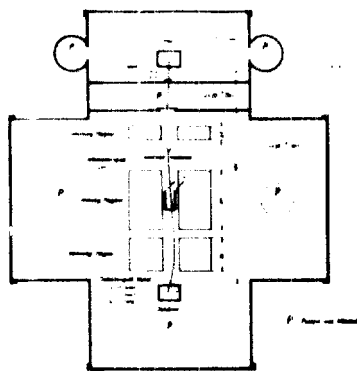


Abb. 7. Schema einer Atomresonanzapparatur.

Abb. 7. Schema einer Atomresonanzapparatur.

Die Schwingungsmethode erlaubt zwar, feste Stoffe zu untersuchen, doch sind die Gitterbindungen so fest, daß Brüche der Gitterebenen - die genügend entkoppelt sind - kaum zu beobachten sind. Außerdem ist der Anwendungsbereich der Methode auf Wellenlängen über 10 cm beschränkt, sodaß auch die Lösung der Aufgabe eine weitere Erörterung der Kernresonanzmethoden überflüssig ist.

Es ist zu beachten, daß für die Untersuchung von Molekülspektren die Methode nur bei sehr geringen Wellenlängen unter den gegenwärtigen Umständen angewendet werden kann. Die Methode wird zurückgegriffen, wenn die Untersuchung zur Linienbreite bei der Methode möglich ist.

2.2.2. Ergebnisse der Untersuchungen zur Linienbreite.

Die Untersuchungen sind alle für Ammoniak durchgeführt worden, die Ergebnisse sind in der Tabelle nachfolgend dargestellt. Die Nachprüfung am besten möglich ist.

- a) Natürliche Linienbreite
- b) Dopplerverbreiterung
- c) Stoßverbreiterung
- d) Intensität der Deformationsschwingung

a) Die natürliche Linienbreite.

Sie hängt von der Verweilzeit des Systems im angeregten Zustand ab. Es sei

$$P_{mn} = 2 e^2 \ddot{x}_{mn} \cos(2\pi \nu_{mn} t)$$

der reelle Anteil des Dipolmoments von der Frequenz  $\nu_{mn}$ .  
 In einer im Vergleich zu der Wellenlänge des emittierten Lichtes großen Entfernung vom strahlenden Elementarteilchen hat die Lichtwelle den Energiestrom

$$S_{mn} = \frac{1}{4\pi R^2} \frac{2 e^2 \ddot{x}_{mn}^2}{c^3} \sin^2 \theta = \frac{16 \pi^3 \nu_{mn}^4}{3 c^3 R^2} \ddot{x}_{mn}^2 \sin^2 \theta$$

Das Zeitmittel der Intensität ist

$$\overline{S_{mn}} = \frac{16 \pi^3 \nu_{mn}^4}{3 c^3 R^2} \overline{\ddot{x}_{mn}^2} \sin^2 \theta$$

Durch eine Kugel vom Radius R fließt sekundlich der Energiestrom

$$S_{mn} = \int \overline{S_{mn}} d\Omega = \frac{64 \pi^4 \nu_{mn}^4}{3 c^3} \overline{\ddot{x}_{mn}^2}$$

der die sekundliche Energieabstrahlung des Dipols bedeutet.  
 Da ein Lichtquant der Frequenz  $\nu_{mn}$  die Energie  $h\nu_{mn}$  darstellt, werden sekundlich

$$A_{mn} = \frac{S_{mn}}{h\nu_{mn}} = \frac{64 \pi^4 \nu_{mn}^3}{3 h c^3} \overline{\ddot{x}_{mn}^2}$$

Quanten abgestrahlt. Die Abstrahlung eines Quants erfordert die Zeit  $\tau_{ab} = 1/A_{mn}$

- 20 -

welche man als Verweilzeit im angeregten Zustand bezeichnet, also den Ausdruck

$$A_{mm} = \frac{64 \pi^4 \nu^3}{3 h c^3} |\mu|^2$$

Das darin auftretende Dipolmoment wird in Debye-Einheiten angegeben:

$$1 \text{ D} = 10^{-18} \text{ (esu) cm}$$

In Falle des  $\text{NH}_3$  ist

$$A_{3,3} = 1,46 \text{ D} = \frac{2(\nu + 1)}{R}$$

Damit wird die Übergangswahrscheinlichkeit

$$A_{3,3} = 1,69 \cdot 10^{-7}$$

Mit  $\Delta \nu = \frac{h\nu}{2\pi I} = \frac{h\nu}{I}$  ergibt sich eine natürliche Güte der  $\text{NH}_3$ -

Linie von

$$Q_{\text{N}} = 9,4 \cdot 10^{17} \text{ s}^{-1}$$

wie sie ebenfalls auch von KES angegeben wird.

b) Dopplerverbreiterung.

Da die thermische Bewegung der Moleküle auf alle Richtungen regellos verteilt ist, ist das Ergebnis eine symmetrische Verbreiterung der Spektrallinie, die der Geschwindigkeit der Atome proportional ist. Die mittlere Geschwindigkeit der Atome im Gaszustand ist von  $T$  und  $m$  abhängig:

$$v = \sqrt{\frac{2kT}{m}}$$

Durch den Dopplereffekt erscheint die von einem bewegten Teilchen absorbierte Frequenz  $\nu'$  gegen die von einem ruhenden Atom absorbierte Frequenz verschoben:



- 21 -

$$Q = \frac{1}{\Delta \nu} \quad \nu = 2 \cdot \frac{1}{\lambda}$$

Dementsprechend die Spektralliniengüte  $Q$  aufgrund des Dopplereffektes:

$$Q_D = \frac{1}{\Delta \nu} = \frac{1}{\nu} \sqrt{\frac{m}{M}}$$

Die Güte ist groß bei kleinen  $T$  und großen schwingenden Massen  $m$ .  
Der absolute Wert der Dopplerverbreiterung:

$$\Delta \nu = 2 \cdot \frac{1}{\lambda} \sqrt{\frac{2kT}{m}} \quad (= 1,05 \cdot 10^5 \text{ Hz})$$

Im Gebiet der Röntgenstrahlen überwiegt die natürliche Breite, im UV die Dopplerverbreiterung. Im Falle von  $\text{NH}_3$  ist

$$T = 298 \text{ }^\circ\text{K} \quad m_{\text{H}} = 1,673 \cdot 10^{-24} \text{ g} \quad k = 1,38 \cdot 10^{-16} \frac{\text{erg}}{\text{grad}} \\ m_{\text{NH}_3} = 17 m_{\text{H}}$$

und damit  $\bar{v} = 660 \text{ m/sec}$ , d. h. durch die Dopplerverbreiterung ergibt sich bei Zimmertemperatur eine Beschränkung des  $Q$  zu

$$Q_D = 2,25 \cdot 10^5 \quad T = 298 \text{ }^\circ\text{K}$$

Beim Siedepunkt der flüssigen Luft ( $T = 80 \text{ }^\circ\text{K}$ ) wird

$$Q_D = 9 \cdot 10^5 \quad T = 80 \text{ }^\circ\text{K}$$

a) Die Linienverbreiterung.

Durch Zusammenstöße des strahlenden Atoms während der Ausstrahlungsweg mit anderen Atomen oder mit den Gasmolekülen wird die Strahlung unterbrochen, sie wird dadurch moduliert. Das bewirkt eine Linienverbreiterung, welche der Stoßzahl proportional ist. Als Ausgang zur Berechnung dieser Werte dient die Zustandsgleichung

$$p \cdot V = k N T \quad \text{oder} \quad p = nkT$$

mit  $p = \text{dyn cm}^{-2}$

$$V = \text{cm}^3$$

$$T = ^\circ K$$

$N = \text{Molekülnzahl pro cm}^3$

$n = \text{Molekülnzahl in } V$

Die freie Weglänge eines Moleküls  $\lambda$   $\text{cm}^{-1}$  s, genau

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot n} = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot \frac{N}{V}}$$

Aus der Energiegleichung

$$\frac{1}{2} m \bar{v}^2 = \frac{3}{2} k T$$

folgt für die mittlere Molekülgeschwindigkeit

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$$

Für die mittlere Zeit zwischen Stößen  $\tau$  und für die Stoßzahl erhält man dann

$$\tau = \frac{\lambda}{\bar{v}} = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot n \cdot \bar{v}}$$

$$Z = \frac{1}{\tau} = \sqrt{2} \cdot n \cdot \bar{v}$$

Die gaskinetisch errechnete Halbwertsbreite infolge Stoßverbreiterung errechnet sich damit zu

$$\Delta \nu = \frac{1}{2\pi\tau} = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{2} \cdot n \cdot \bar{v}$$

$\approx 1355$ , wenn  
 $p$  in Torr

Mit  $Q_w(\text{NH}_3) = 0,77 \cdot 10^{-16} \text{ cm}^2$

$m(\text{NH}_3) = 17 \cdot 1,673 \cdot 10^{-24} \text{ g}$

$V_w(\text{NH}_3) = 1,67 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$

folgt

$$\lambda = 1,6 \cdot 10^6 \cdot p \quad \text{ms} \quad (p \text{ in Torr})$$

Setzt man  $\lambda = 1$  im Wellenleiter  $12 \cdot 6 \text{ mm}$ , so kann  $\lambda$  nicht kleiner werden als

$$\lambda_{\text{min}} = \frac{2}{\sqrt{\epsilon}} = 1,05 \cdot 10^4 \text{ ms}$$

Dazu gehört ein Druck (für diesen Druck wird  $\lambda = 1 \text{ cm}$ )

$$p_{\text{min}} = 6,6 \cdot 10^{-3} \text{ Torr}$$

Die gaskinetisch errechnete Halbwertsbreite erweist sich als viel zu klein. Unter der Annahme, daß Stöße die Hauptursache der Linienverbreiterung sind, ist die Intensität und Gestalt jeder Linie theoretisch vorausgesagt werden von v. Weizsäcker und Weiskopf:

$$I = \frac{2\pi^2 N^2 \mu^2}{3 c^2 k T} \cdot \frac{1/2 \pi \nu}{(\nu - \nu_0)^2 + (1/2 \pi \nu)^2} = \frac{1/2 \pi \nu}{(\nu - \nu_0)^2 + (1/2 \pi \nu)^2}$$

$\mu = \text{Hertz/cm}$

$N = \text{Moleküldichte im betrachteten Rotationszustand}$

Solange der zweite Summand klein ist, (hier der Fall) besagt die obige Gleichung, daß die Halbwertsbreite der Linie dem Druck direkt proportional ist

$$\lambda = \frac{1}{\nu} \cdot \frac{1}{\nu_0} \cdot \frac{2\pi^2 N^2 \mu^2 \nu_0^2}{3 c^2 (kT)^2} \cdot p$$

wobei  $\nu = 1/2 \pi \nu_0$  und  $N = p \cdot (kT)^{-1}$  gesetzt ist.

Nicht einbezogen in diese Gleichung sind die natürlichen Linienbreiten, die Dopplerverbreiterung und Molekülstöße mit den Geraden sowie Sättigungseffekte.

- 14 -

Bei der  $\text{NH}_3$ -Linie mit  $J = 5$   $K = 3$  ist bei  $29^\circ \text{C}$

$$f = 0,0637 \text{ cm}^{-1} \quad \nu_{\text{max}} = 1,45 \text{ D} \quad \nu_0 = 2,30701 \cdot 10^{10} \text{ Hz}$$

Der experimentelle Wert der Dämpfung ist  $5,0 \cdot 10^{-4}$  Neper/cm

in Hohlleiter oder  $4,0 \cdot 10^{-4}$  Sp/cm für eine Planwelle.

Damit läßt sich die Halbwertsbreite der Linie darstellen durch

$$\Delta\nu = \frac{1}{\tau} = 2,4 \cdot 10^7 \text{ p}$$

wobei  $\tau$  in Torr angegeben ist. Damit sind die die große Halbwertsbreite hervorrufenen Stöße 15mal häufiger als die durch gewöhnliche kinetische Messungen erhaltenen Stoßzahlen. Die weit reichenden Dipol-Dipol-Wechselwirkungen können diesen Übergang derart beeinflussen. Zum Nachweis der Natur der diese große Halbwertsbreite hervorrufenen Kräfte mischt Townes Argon unter das Ammoniak, um die dabei folgende Linienbreite zu bestimmen. Mit 0,5 Torr Ammoniak und 9,5 Torr Argon war die resultierende Linie symmetrisch, die Spitzenfrequenz unverändert und ihre Halbwertsbreite nur 2mal so groß wie für 0,5 Torr Ammoniak alleine. Dies zeigt, daß die Häufigkeit von Stößen zwischen  $\text{NH}_3$  und Ar annähernd dieselbe wie die durch kinetische Messungen erhalten ist und daß die große Stoßzahl zwischen Ammoniakmolekülen wahrscheinlich durch Dipol-Dipol-Kräfte verursacht wird.

Die Spitzenintensität bleibt bei abnehmendem Druck solange konstant (allerdings wird die Linie dabei schmaler) bis die Halbwertsbreite annähernd einige  $10^5$  Hz erreicht. Rechnungen zeigen, daß der Dopplereffekt und Stöße zwischen Molekülen und Hohlleiterwänden die Formel bei einer Halbwertsbreite von annähernd  $150$  kHz ungültig machen und daß daher die Halbwertsbreite auch bei sehr geringem Drucke nicht kleiner als  $75$  kHz werden kann. Der Sättigungseffekt beginnt auch hier, eine Rolle zu spielen. Die Atenuator arbeitet mit einem  $Q = 45$  000, entsprechend

$$\Delta\nu = 5,5 \cdot 10^5 \text{ Hz}$$

- 25 -

bei einem Druck  $p = 1,5 \cdot 10^{-2}$  Torr

Da durch die Dipol-Dipol-Kräfte die Stoßzahl so sehr viel vergrößert wird, ergibt sich bei dem Mindestdruck  $p = 5 \cdot 10^{-5}$  Torr eine minimale Halbwertsbreite von

$$\Delta \nu_{\min} = 1,2 \cdot 10^5$$

Damit ergibt sich für  $\theta$  eine obere Grenze bei

$$c_{\text{at}} \leq 2 \cdot 10^5$$

4) Intensität  $I$  /  $\nu$  Deflexionsgeschwindigkeit des Ammoniums.

Die Formel für die Stoßverbreiterung lautet nach Van Vleck und Weisskopf

$$\gamma = \frac{2\pi^2}{3} \frac{e^2}{m^2} \frac{1}{M} \nu^2 \left[ \frac{1/\nu_{\text{eff}}}{(\nu - \nu_0)^2 + (1/2\nu_{\text{eff}})^2} - \frac{1/\nu_{\text{eff}}}{(\nu + \nu_0)^2 + (1/2\nu_{\text{eff}})^2} \right]$$

Mit den Informationen

$$\Delta \nu = \nu - \nu_0 = \frac{1}{2\nu_{\text{eff}}} = \frac{16}{\nu} c_{\text{at}} \nu^2$$

ergibt sich die Intensität auf der Resonanzspitze zu

$$\gamma_0 = \frac{2\pi^2 e^2 / m^2 \nu^2}{3 \cdot M^2 c_{\text{at}} \nu} \quad \frac{\nu_0}{\nu} = 0$$

Wie ersichtlich, ist sie innerhalb des Gültigkeitsbereiches von Druck unabhängig. Wie bereits bemerkt, wird die Gleichung bei  $10^{-3}$  Torr ungültig. In der Umgebung dieses Druckes nimmt die Spitzenintensität ab.

Von seiten der Größe der Mäpfung bestehen keine Hindernisse, den Druck in Absorptionfeld bis dahin zu erniedrigen, so die freie Weglänge die Größenordnung der Gefäßabmessungen erreicht, da ja die Spitzenintensität konstant bleibt und nur die Linie schmaler wird.

- 16 -

Die neue Versuchsanordnung.

1. Planung der Apparatur.

a) Apparatur mit HF-Spektrometer von OBY.

Das HF-Spektrometer für den Wellenbereich 3 .. 12 cm arbeitet als Überlagerungsempfänger. Die zu messende Frequenz wird mit den Oberwellen eines Dest-Oszillators gemischt. (Blockschema Abb. 6) Der Dest-Oszillator wird mit 50 Hz gewobbeln, sodaß jedesmal dann, wenn die Differenz zwischen der ankommenden Frequenz und einer Oberwelle gleich der Zwischenfrequenz ist, Energie durch den HF-Teil (Bild - HF) weitergegeben wird. Der gesamte Marktteil interessiert in dem Zusammenhang nicht und soll daher hier nicht besprochen werden.

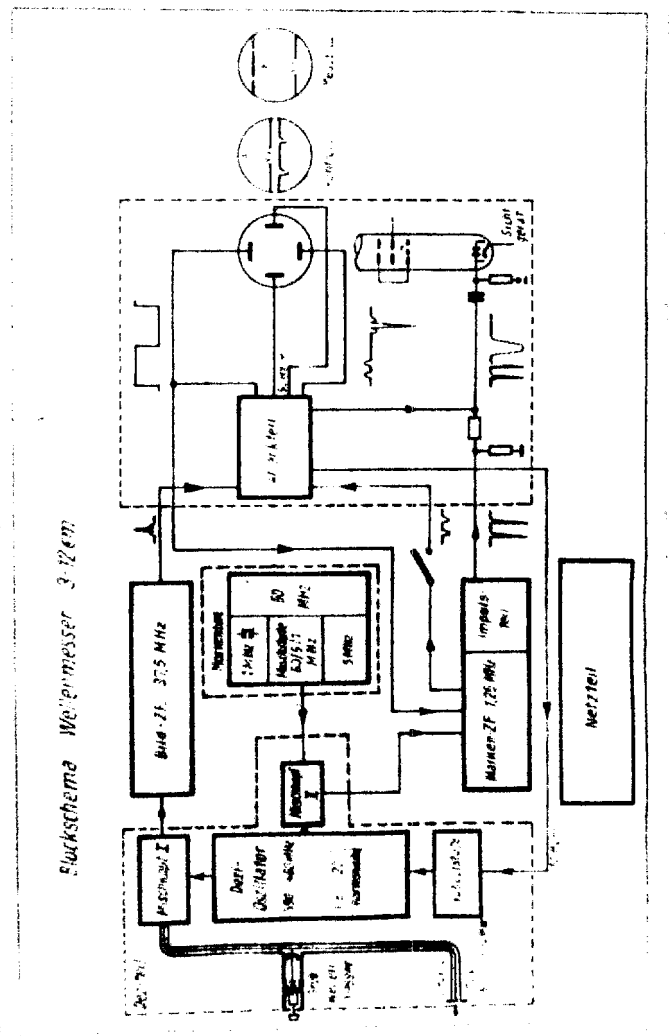
In der vorliegenden Form ist also das HF-Spektrometer nur für die Messung tatsächlich auf dem Eingang gegebener Frequenzen brauchbar. Bei der Hohlraum-Absorptionsmethode ist jedoch gerade das Fehlen einer Frequenz durch Absorption nachzuweisen. Um auch dies mit dem HF-Spektrometer erreichen zu können, sind zwei Wege gangbar:

aa) Verwendung eines Rauschgenerators

ab) Gleichlauf der Frequenzmodulation des Maßgenerators mit der des Oszillators im Spektrometer.

aa) Verwendung eines Rauschgenerators.

Gibt man auf das Absorptionsgefäß ein gleichmäßiges Rauschen, so wird durch das Gas ein gewisser Bereich absorbiert. Am HF-Spektrometer erhält man daher über den ganzen Wellenbereich eine Energieanzeige bis auf die durch die Gasabsorption aufgetrennte Stelle. Hier fällt die Differenzfrequenz mit einer Oberwelle des Dest-Oszillators aus oder wird jedenfalls geschwächt. Leider trifft dies nur für eine einzige Oberwelle zu, sodaß für die anderen das Normalpegel weitergeschrieben wird. Die Anzeige auf dem Oszillographenschirm ist daher für kleine Absorptionen nur verwascht zu erwarten. Außerdem kann der Drehwellenmesser



- 28 -

dass bei einzeln vorliegenden Meßfrequenzen zur Erzielung einer  
Mindeutigkeit der Anzeige benutzt wird, für eine Ausblendung  
des Rauschspektrums nur schlecht - wenn überhaupt - zum  
gleich Zweck herangezogen werden. Da überdies auch keine Rausch-  
generatoren für den Bereich von  $\lambda \dots 12$  cm zur Verfügung  
standen, wurde dieser Weg nicht beschritten.

14) Gleichlauf der Frequenzmodulation des Meßgenerators  
mit der des Oszillators im Spektrometer.

Läßt man auf den Eingang des Spektrometers eine um die HF  
verminderte, mit dem Nennzeichen des Desi-Oszillators abstimmt  
gleichlaufende Frequenz auffallen, so erhält man ebenfalls  
wie beim Fall a eine Rauschleistung des Spektrometers über den  
gesamten Webelbereich. Diese Anzeige ist jedoch nicht so verwischt  
zu erwarten wie bei der Anzeige eines Rauschspektrums.

Der Gleichlauf der auf das Spektrometer gegebenen Eingang-  
frequenz (vermindert um die HF = 37,5 MHz) mit den Oberwellen  
des gewählten Desi-Oszillators ist auf folgende Weise leicht  
zu erzielen: Dem Desi-Oszillator wird über eine zusätzliche  
Leistung Energie entzogen. Diese wird einem Mischdetektor gewein-  
genommen mit der Frequenz 37,5 MHz zugeführt. Unter den vielen ent-  
stehenden Mischprodukten entsteht dabei auch ( $n \cdot f_{Osz} = 37,5$ ) MHz,  
d. h. der Wert, der dann auf ein Absorptionsgefäß gegeben werden  
kann und bei Fehlen einer Gasabsorption eine konstante Anzeige  
über den ganzen Bildschirm liefert. Blendet eine vorhandene  
Gasabsorption einen Frequenzbereich aus, so wird das Anzeigenniveau  
bei Überstreichen dieser Frequenz durch den Webelhub herabgedrückt  
und die Absorptionslinie wird auf den Bildschirm des Spektrometers  
geschrieben.

Maßnahmen zur Erzielung einer Mindeutigkeit der Anzeige können  
in erster Linie in einer Vorselektion zu finden sein. Durch sie  
müßte erreicht werden, daß jeweils nur eine Harmonische zur  
Anregung des Absorptionsgefäßes benutzt wird, oder daß zwischen  
Absorptionsgefäß und Spektrometer alle jeweils nicht benötigten  
Harmonischen weggefiltert werden.



1) Apparatur für Bereich unter 3

Die Apparatur wurde zunächst in **Abbildung 7** einer Geräte-Schaltung geplant, und **Abbildung 7** wiederkehrendes Schema.

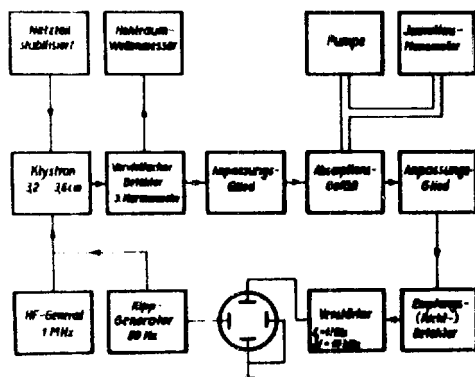
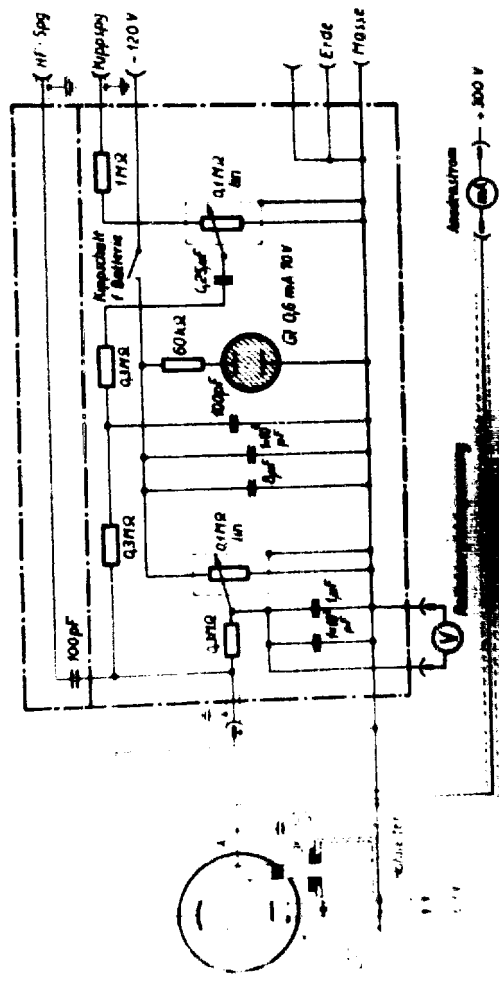


Abb 7 Blockschema der geplanten Apparatur für  $\lambda < 3 \text{ cm}$

Abb. 7; Geplantes Blockschema der Apparatur für den Bereich unter 3 cm Wellenlänge.

Ein Klystron für den Bereich 3,2 ... 3,6 cm wird mit zwei Frequenzen moduliert: Einmal durch 1 MHz sinusförmig, andererseits mit einer 50 Hz-Netzespannung. Das Klystron arbeitet auf einen Vervielfacherdetektor, der u. a. die dritte Harmonische erzeugt. Der Detektor ist durch das Anpassungsglied einerseits an das Klystron, andererseits an das als Absorptionsgefäß ausgebildete Hohlkabel angepaßt. Am anderen Ende des Hohlkabel liegt wiederum ein Detektor, der jedoch als Richtdetektor auf einen Verstärker arbeitet. Dessen Ausgangsspannung wird dann einem Oszillographen zugeführt. Die Wirkungsweise ist folgende: Die doppelt frequenzmodulierte Schwingung des Klystrons überstreicht nach der Vervielfachung den zu untersuchenden Frequenzbereich. Damit dies möglich



System 723 AB  
mit  
Netzwerk für die Doppelmodulation

- 12 -

Die Schwingenergie des Klystrons wird in einem Hohlkabel HK 1 mit der Grenzwellenlänge  $\lambda_c$  abgeführt. Aus diesem Hohlkabel kann mit Hilfe eines Koppelstiftes K die Energie wieder entnommen werden. Dieser Koppelstift ist hierbei durch den ganzen Kabelquerschnitt hindurchgeführt und läuft noch durch ein zweites Hohlkabel HK 2 hindurch. Dieses zweite Hohlkabel besitzt eine Grenzwellenlänge von  $1,5 \lambda_c$ . Innerhalb dieses Kabels HK 2 liegt der Detektor im Zuge der durch den Stift K gebildeten Leitung. Abstimmungsschieber erlauben die Einstellung auf günstigste Anpassung in beiden Kabeln. Über den Endanschluß des Koppelstiftes kann der Detektor mit einer Gleichspannung als Vorspannung beaufschlagt werden.

e) Hohlkabel.

Für Meßzwecke ist die Verwendung von Rechteck-Hohlleitern günstig. Die Abmessungen für die verschiedenen Wellenlängen sind generat. Die Normung wurde zuerst in Amerika durchgeführt und dann von den anderen Ländern übernommen. Da in Amerika noch das Zollmaß benutzt wird, sind die Angaben in mm nicht glatt. In der folgenden Tabelle VI ist eine Zusammenstellung der wichtigsten Typen gegeben. Für den Bereich um  $3 \text{ cm}$  kommen danach die Typen RG-51/U und RG-52/U infrage. Für  $1,2 \text{ cm}$  nur die Type RG-53/U. Da für den  $3 \text{ cm}$ -Bereich bereits eine Meßleitung mit den Abmessungen der Type RG-52/U vorhanden war, wurden auch deren Abmessungen für alle  $3 \text{ cm}$ -Leitungen in der neuen Apparatur zugrunde gelegt.

Nicht Rechteck-Leiter entsprechend der Type RG-53/U war nicht vorhanden. Er hätte in einer Länge von möglichst  $5 \text{ m}$  oder größer hergestellt werden müssen, da er als Absorptionsreflexor mindestens diese Länge haben sollte, um auch schwache Absorptionen noch zur Geltung kommen zu lassen. Die Herstellungsschwierigkeiten eines Hohlleiters mit kreisförmigen Querschnitt sind jedoch weitaußer geringere; deshalb wurden für den  $1,2 \text{ cm}$ -Bereich runde Hohlkabel vorgesehen. Das dafür gewählte Kupferrohr hatte einen Innendurchmesser von  $3 \text{ mm}$ , so daß seine Grenzwellenlänge bei etwa  $1,5 \text{ cm}$  liegt.

Abmessungen und Eigenschaften des Leiterkabels  
 a, b = Durchmesser in cm  
 c = Wandstärke in cm  
 λ = Wellenlänge in cm  
 A = Pumpungsmass bei G in db/a  
 K<sub>max</sub> = maximale Durchgangsleistung in W  
 f<sub>max</sub> = maximale Frequenz in MHz

beides bei der jeweils in der folgenden Tabelle angegebenen Wellenlänge und der Annahme einer von der Erzeuger angegebenen Feldstärke von 30 000 V/cm.  
 berechnet wurde in cm  
 n = 1,05 in A  
 als Wellenlänge als  
 in 10 % kürzeren Wellenlänge als  
 der kürzesten Grenzwellenlänge  
 berechnete Wellenlänge bei

Anzahl Typen	a (cm)	b (cm)	c (cm)	von bis	λ (cm)	A (db/a)	K <sub>max</sub> (W)	f <sub>max</sub> (MHz)	λ (cm)	berechnete Wellenlänge bei
NO-10/1	7,22	3,44	0,2	7,5 - 12,6	10,2	0,24	10,7	10,7	10,0	± 13
NO-10/2	6,96	3,22	0,16	7,0 - 12,6	2,77	0,058	10,7	10,7	10,0	± 13
NO-10/3	4,76	2,22	0,16	4,3 - 8,5	4,76	0,051	10,7	10,7	10,0	± 13
NO-10/4	3,49	1,58	0,16	3,5 - 6,3	2,29	0,048	10,7	10,7	10,0	± 13
NO-10/5	2,85	1,11	0,16	2,9 - 5,1	4,99	0,048	10,7	10,7	10,0	± 13
NO-10/6	2,27	1,02	0,16	2,3 - 4,1	0,111	0,111	10,7	10,7	10,0	± 13
NO-10/7	1,67	0,43	0,16	1,07 - 1,9	0,245	0,245	10,7	10,7	10,0	± 13

An der oberen Grenze des Wellenbereiches sind die Verluste ungefähr doppelt so groß und die maximal ertragene Leistung ungefähr nur halb so groß wie die entsprechenden Grenzen für die untere Grenze dieses Wellenbereiches.

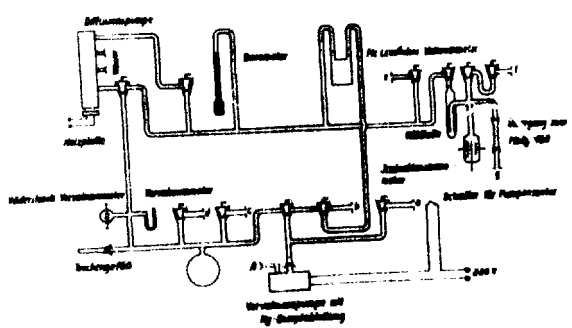
Abmessungen und Eigenschaften des Systems  
 a, b = Parameter in cm  
 c = Parameter in cm  
 λ = Wellenlänge in cm  
 A = Dämpfungswert bei Cu in dB  
 M<sub>max</sub> = maximale Durchgangleistung in W  
 Berechnete Wellenlänge λ, für die der ohmische verlustberechnet wurde in cm  
 Bandbreite = Bandbreite bei einem stehenden Wellenverhältnis von U<sub>min</sub>/U<sub>max</sub> = n = 1,05 in %  
 Der Wellenlängenbereich erstreckt sich bei diesen Werten von einer um 10 % kürzeren Wellenlänge als  
 die kritische Wellenlänge λ<sub>k</sub> bis zu einer um 1 % längeren Wellenlänge der kürzesten Grundwelle λ<sub>g</sub>.  
 Berechnete Bandbreite bei λ<sub>g</sub> = 1,05 λ<sub>k</sub>

System- Bez.	a (cm)	b (cm)	c (cm)	von	bis	β (db/s)	M <sub>max</sub> (W)	λ (cm)	berechnete Bandbreite Wellenlänge bei λ <sub>g</sub> (ca)
B0-0/V	7,22	3,44	0,2	7,2	13	0,72	10,5	10,0	10,7
B0-1/V	6,38	2,77	0,125	7,0	12,6	0,053	2,77	10,0	9,0
B0-2/V	4,76	2,22	0,16	4,8	8,5	0,051	4,86	9,5	
B0-3/V	3,49	1,58	0,16	3,6	6,3	0,053	2,22	9,0	
B0-4/V	2,85	1,11	0,18	2,9	5,1	0,053	4,86	9,0	9,2
B0-5/V	2,27	1,02	0,125	2,3	4,1	0,115	0,33	9,0	9,2
B0-5A/V	1,97	0,83	0,10	1,97	4,9	0,345	0,223	1,25	1,25

An der oberen Grenze des Wellenbereiches sind die Verluste ungefähr doppelt so groß und die maximale  
 Übertragung Leistung ungefähr nur halb so groß wie die entsprechenden Grenzen für die untere Grenze  
 dieser Wellenbereiche.

d) Pumpeinrichtung.

Um den notwendigen Unterdruck im Absorptionsgefäß erzeugen zu können, wurde eine Pumpeinrichtung wie in Abb. 10 wie dargestellt aufgebaut



Schem. der Vakuumapparatur

Abb. 10; Pumpeinrichtung.

Es sind keine Besonderheiten daran zu erwähnen. Das Ionisationsmessgerät wurde durch Dr. Franzen entworfen und gebaut, sein Schaltbild zeigt Abb. 11

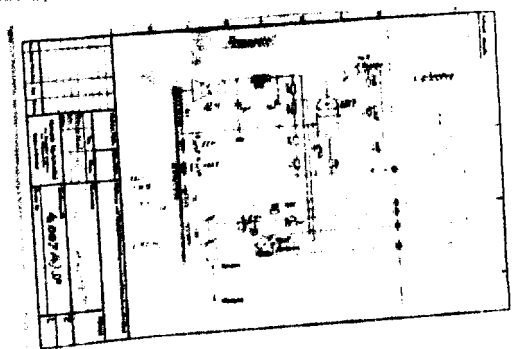


Abb. 11; Schaltbild des Ionisationsmessgeräts.

Es ist für Druckmessungen zwischen  $10^{-4}$  bis  $10^{-6}$  mm Hg ausgelegt.  
Die Eichkurve gibt Abb. 12.

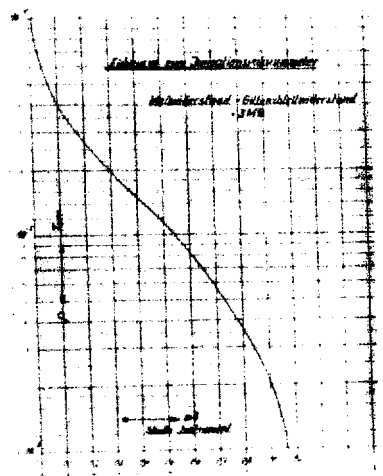


Abb. 12; Eichkurve des Ionisationsmanometers.

e) Empfängerkette.

Zum Empfangsgerät gehören der Detektor und der Verstärker.  
Die Anordnung des Detektors ist in Abb. 13 wiederzugeben.

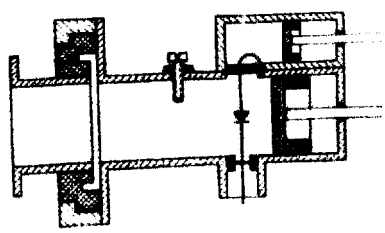


Abb 13 Anordnung des Empfangsdetektors

Abb. 13; Anordnung des Empfangsdetektors.







... ohne große Schwierigkeiten und mit noch  
... erzwungen werden kann. Nimmt man an,  
... Grundwellen-Spannung von 0,1 V geliefert  
... Widerstand ein  $R = 20 \Omega$  aufweist, so ergibt  
... Belastung mit 100 Ohm ein Wirkungsgrad von 1 %  
... ist die Belastung allerdings nicht ohmisch, denn das  
... geschlossene Kehlrohr stellt einen Hochpaß dar. Außerdem sind  
... Resonanzkräfte zur Abstimmung und Anpassung vorhanden. Eine  
... theoretische Behandlung dieses Problems war bisher noch nicht  
... es ist jedoch kaum zu erwarten, daß der Wirkungsgrad in  
... schlechter ist als bei rein ohmscher Belastung.  
... Leistung mit einer Ausgangsleistung von  $100 \mu W$  für die  
... zu rechnen sein.

... des Absorptionsgefäßes beträgt 0,4 db/m.  
... Länge 5 m lang ist, hat die Grunddämpfung den Wert  
... das Gas wird an der Resonanzstelle eine zusätzliche  
... Dämpfung erfahren. Diese Dämpfung durch Gasabsorption  
... mit 0,434 db/m angegeben. Hierfür ist die  
... der 5,5-Linie des Ammoniaks zugrunde gelegt worden.  
... Resonanz der 5,5-Linie mit dem Klystron 725 A/B und  
... Vervielfachung nicht zu erreichen ist, was die 5,5-Linie  
... werden. Die Absorptionskonstanten verhalten sich gemäß  
... wie 720/370, so daß die Dämpfung der 5,5-Linie nur  
... 0,224 db/m beträgt. Die Leistung an der Stelle des Empfangs-  
... Detektors liegt also bei 0,65  $\mu W$ , die Leistungschwankung  
... durchlaufen der Absorptionslinie ergibt sich zu 25 %. Diese  
... Leistungschwankung entspricht einer Spannungschwankung von  
... 18,4  $\mu V$  bei einem Grundpegel von 80  $\mu V$ .

Wie in Abschnitt C 2 e angegeben, reicht also die Empfind-  
lichkeit des Empfangsteiles voll aus.