

Heinrich-Hertz-Institut  
f. Schwingungsforschung  
-Der Institutsdirektor-

1 Berlin 12, den 1. 4. 1967

Bericht über die wissenschaftliche Tätigkeit des  
Heinrich-Hertz-Instituts für Schwingungsforschung  
in der Zeit vom 1.1. bis 31.12.1966

I n h a l t

	Seite
A. Übersicht	1
B. Zusammenstellung der bearbeiteten Forschungs- aufgaben	3
C. Erläuterungen zu den Forschungsaufgaben	21
D. Verzeichnis der Technischen Berichte	63
E. Veröffentlichungen, Vorträge, Dissertationen, Studien- und Diplomarbeiten	64
F. Verzeichnis der Kolloquien	66

A. Übersicht

Die wissenschaftliche Tätigkeit des Heinrich-Hertz-Instituts hat sich im Berichtsjahr 1966 in Umfang und Art der bearbeiteten Forschungsaufgaben, verglichen mit der Tätigkeit im Vorjahr, nur unwesentlich verändert.

Von den vier Abteilungen des Heinrich-Hertz-Instituts

Akustik (A) geleitet von Herrn Prof.Dr. Cremer  
Fernmeldetechnik (F) geleitet von Herrn Prof.Dr. Rotherth  
Hochfrequenztechnik (H) geleitet von Herrn Prof.Dr. Gundlach  
Mechanik (M) geleitet von Herrn Prof.Dr. Matthieu

wurden 32 Forschungsaufgaben bearbeitet, die sich wie folgt auf die einzelnen Abteilungen verteilen:

	<u>Abteilung</u>				<u>gesamt</u>
	<u>A</u>	<u>F</u>	<u>H</u>	<u>M</u>	
a) 1966 bearbeitete Aufgaben	9	5	13	4	31
b) davon aus 1965 weitergeführt	7	5	13	3	28
c) 1966 begonnene Aufgaben	2	-	-	1	3
d) 1966 abgeschlossene Aufgaben	2	-	1	-	3

Die Finanzierung der Forschungsaufgaben erfolgte

	<u>Abteilung</u>				<u>gesamt</u>
	<u>A</u>	<u>F</u>	<u>H</u>	<u>M</u>	
a) aus dem laufenden HHI-Haushalt	3	4	3	4	14
b) aus Forschungsbeihilfen der DFG, DBP, ERP, BMWF, Stifterverband der Dtsch. Industrie, BWM	6	1	8	-	15
c) aus Aufträgen	-	-	2	-	2

Nr.	Thema (Kurztitel)	Art der Aufgabe	wiss. Sachbearbeiter	Beginn	Abschluß	Berichte, Veröffentlichungen, Vorträge, Bemerkungen
A 27	Frequenzumsetzer	freie Forschungsaufgabe	-	1.3.63	läuft weiter	im Berichtsjahr ruhte diese Aufgabe
A 28	Echogramme	freie Forschungsaufgabe Zuschüsse der DFG	Kürer	15.3.65	läuft weiter	Zwischenbericht vom 24.4.66 an die DFG HHI-Kolloquium am 20.12.66 Studienarbeit S. Mäder; Studienarbeit S. Roessler
A 29	Anregung von Orgelpfeifen	freie Forschungsaufgabe (Zuschüsse der DFG)	Ising	1.10.65	läuft weiter	Zwischenbericht v. 29.9.66 an die DFG
A 30	Hörsamkeitsurteile	freie Forschungsaufgabe	Plenge	1.7.65	läuft weiter	

Nr.	Thema(Kurztitel)	Art der Aufgabe	wiss. Sachbearbeiter	Beginn	Abschluß.	Berichte, Veröffentlichungen, Vorträge, Bemerkungen
A 32	Energieumsatz bei Streichinstrumenten	freie Forschungsaufgabe (Zuschüsse der DFG)	Reinicke	1.2.66	läuft weiter	
A 33	Torsionswellen-Verzögerungsleitung	freie Forschungsaufgabe	Boerger	1.1.66	31.12.66	
F 4	Teilnehmerabhängige Zeiten im Fernsprecheverkehr	freie Forschungsaufgabe	Evers	1.10.59	läuft weiter	Technischer Bericht Nr. 89 vergl. D
F 16	Entwurf und Aufbau von Geräten zur Aufnahme und Auswertung von Meßwerten	freie Forschungsaufgabe	Evers	2.1.62	läuft weiter	
F 19	Messungen der Wahlfehler und Falschwahlhäufigkeit bei Tastenwahl	freie Forschungsaufgabe	Evers	20.2.62	läuft weiter	Vortrag Evers vergl. E Veröffentlichung in Vorbereitung in "Het PTT Bedrijf"

Nr.	Thema (Kurztitel)	Art der Aufgabe	wiss. Sachbearbeiter	Beginn	Abschluß	Berichte, Veröffentlichungen, Vorträge, Bemerkungen
F 23	Untersuchung des Laufzeiteinflusses auf die Übertragungsgüte bei Ferngesprächen über sehr große Entfernungen	freie Forschungsaufgabe	Höhne	1.2.64	läuft weiter	Vortrag Höhne vergl. E
F 24	Vermittlungseinrichtungen für große Bandbreiten	freie Forschungsaufgabe (Zuschüsse aus Mitteln der DFG)	Noll (Mitarbeiter aus DFG-Mitteln)	1.10.64	läuft weiter	Zwischenbericht an die DEG vom 21.7.66
H 1	Längstwellenausbreitung	freie Forschungsaufgabe (Zuschüsse aus DFG- u. ERP-Mitteln)	Eppen (Mitarbeiter aus DFG-Mitteln)  Dr. Frisius (Mitarbeiter aus ERP-Mitteln)	1.5.57	läuft weiter	Techn. Bericht Nr. 90 G. Heydt Veröffentlichung, Vortrag G. Heydt vgl. E Bericht an DFG Vortrag Frisius vgl. F

Nr.	Thema (Kurztitel)	Art der Aufgabe	wiss. Sachbearbeiter)	Beginn	Abschluß	Berichte, Veröffentlichungen, Vorträge, Bemerkungen
H 7	Ammoniakmolekularverstärker	freie Forschungsaufgabe (Zuschüsse der DFG)	Dr. Hellwig (Mitarbeiter aus DFG-Mitteln)	1.4.57	31.3.66	Techn. Bericht Nr. 86, Hellwig Veröffentlichungen Hellwig vgl. E Vortrag Hellwig vgl. F Bericht an DFG
H 8	Frequenzvergleichsanlage	freie Forschungsaufgabe	Utech	1.4.57	läuft weiter	Studienarbeit Nr. 334 Euteneuer, Lehrstuhl f. HF-Technik
H 9	Frequenzüberwachung des SFB	zweckgebundene Aufgabe	Eppen (Mitarbeiter aus DFG-Mitteln) Schranz	1.4.57	läuft weiter	Veröffentlichungen nicht vorgesehen, Auftraggeber erhält laufend Berichte

Nr.	Thema (Kurztitel)	Art der Aufgabe	wiss. Sachbearbeiter	Beginn	Abschluß	Berichte, Veröffentlichungen, Vorträge, Bemerkungen
H 10	Frequenzüberwachung des RIAS	zweckgebundene Aufgabe	Eppen (Mitarbeiter aus DFG-Mitteln) Schranz	1.4.57	läuft weiter	Veröffentlichungen nicht vorgesehen, Auftraggeber erhält laufend Berichte
H 15	Meßverfahren für Empfänger, Antennen, Leitungen	freie Forschungsaufgabe in Zusammenarbeit m. Normenausschüssen	Prof. Jungfer	1.4.57	läuft weiter	Mitarbeit an Normenblättern Studienarbeit Nr.396 Köhler, Lehrstuhl für HF-Technik
H 20	Kopplungswiderstand	teils freie, teils zweckgebundene Aufgabe (Zusammenarbeit mit FNE)	Prof. Jungfer	1.10.58	läuft weiter	

Nr.	Thema (Kurztitel)	Art der Aufgabe	wiss. Sachbearbeiter	Beginn	Abschluß	Berichte, Veröffentlichungen, Vorträge, Bemerkungen
H 23	Festkörpermolekularverstärker	teils freie, teils zweckgebundene Aufgabe (Zuschüsse des BMwF)	Hecht (Mitarbeiter aus BMwF-Mitteln) Weinitschke (Mitarbeiter aus BMwF-Mitteln)	1.8.58	läuft weiter	Bericht an das BMwF
H 28	Millimeterwellenausbreitung	freie Forschungsaufgabe (Zuschüsse der DFG)	Sander (Mitarbeiter aus DFG-Mitteln)	1.8.60	läuft weiter	Techn. Bericht Nr. 85, Lammers, vgl. D Veröffentlichungen, Vorträge Lammers vgl. E Bericht an d. DFG
H 30	H <sub>01</sub> -Welle im Kreishchlleiter	freie Forschungsaufgabe (Zuschüsse der DFG)	Dr. Strebel (Mitarbeiter aus DFG-Mitteln)	1.1.61	läuft weiter	Dissertation Strebel Studienarbeit Nr.336 Kienscherf, Lehrstuhl f. HF-Technik Bericht an d. DFG

Nr.	Thema (Kurztitel)	Art der Aufgabe	wiss. Sachbearbeiter	Beginn	Abschluß	Berichte, Veröffentlichungen, Vorträge, Bemerkungen
H 31	Wasserstoff-Maser	freie Forschungsaufgabe (Zuschüsse der DFG)	Schütz (Mitarbeiter aus DFG-Mitteln)	1.12.61	läuft weiter	Bericht an die DFG
H 32	Weltraumforschung/ Elektronik	freie Forschungsaufgabe (Zuschüsse der DFG u. des BMWF)	Eppen (Mitarbeiter aus DFG-Mitteln)	1.1.63	läuft weiter	Berichte an DFG und BMWF
H 35	Modulationsverfahren für maximale Übertragungsrate	freie Forschungsaufgabe (Zuschüsse der DFG)	Wendland (Mitarbeiter aus DFG-Mitteln Spitzer (Mitarbeiter aus DFG-Mitteln)	15.3.65	läuft weiter	Diplom-Arbeit Nr.166, Strauch, Lehrstuhl f. HF-Technik Bericht an d.DFG

Nr.	Thema (Kurztitel)	Art der Aufgabe	wiss. Sachbearbeiter	Beginn	Abschluß	Berichte, Veröffentlichungen, Vorträge, Bemerkungen
M 29	Dauerbrüche an gekrümmten Stäben	freie Forschungsaufgabe	Klarhoefer	1.4.64	läuft weiter	
M 30	Schwingungsverhalten von Föttinger-Kupplungen	freie Forschungsaufgabe	Richter	1.9.64	läuft weiter	
M 32	Berechnung biegekrit. Drehzahlen	freie Forschungsaufgabe	Kießling	1.12.65	läuft weiter	HHI-Kolloquium 29.11.66
M 33	Schwingung von Seilen von Förderkörben und Liften	freie Forschungsaufgabe	Kießling	1.12.66	läuft weiter	

C. Einzelheiten zu den Forschungsaufgaben

A 20 Aufbau eines Modells der zweifachen Tonhöhenempfindung des menschlichen Gehörs

Es wurde nach den Angaben von L. SCHREIBER (Dissertation an der TU Berlin) ein technisches Blockschaltbild des Gerätes entworfen und die auf die oberste Oktave folgenden Baugruppen in Halbleitertechnik unter weitgehender Verwendung von fertigen Bausteinen aufgebaut (Siehe Studienarbeit PAUL am Institut für Technische Akustik: "Tonhöhenmodell"). Im einzelnen folgendes:

- 1) Eine Triggerschaltung, die auf Residualklänge und reine Töne anspricht.
- 2) Eine Impulsuntersetzung mit "Impulstiefpässen" an den Ausgängen der Flip-Flops.
- 3) Einen Ansteuerverstärker mit Transistoren, der Impulse von  $70 V_{SS}$  für ein Und-Gatter liefert.
- 4) Eine Nachselektion zur Unterdrückung zufälliger Koinzidenzen in den Koinzidenzgattern der Anzeigematrix.
- 5) Ein Koinzidenzgatter mit einer nachfolgenden Impulsintegrierstufe zum Ansteuern der Glimmlampen der Matrix.

Ein Gehäuse mit Einschüben für das Gesamtgerät wurde in der Werkstatt des ITA angefertigt. Das Gehäuse und die Einschübe wurden verdrahtet. Die gedruckten Schaltungen für die Koinzidenzmatrix, die Ansteuerverstärker und die Steckplatten für die Differenzier- und Integrierglieder an den Bausteinen wurden hergestellt und bestückt. Weiterhin wurde ein Terz-Oktav-Filter von BRÜEL & KJAER mit fünf Ausgangsverstärkern versehen, die es gestatten, gleichzeitig das Signal in fünf Oktaven zwischen 250 Hz und 4000 Hz gefiltert zu entnehmen. Die Zeit-

konstanten von fünf der insgesamt 12 Nachselektionsschaltungen wurden eingestellt.

#### A 22 Untersuchungen zur Schalldämmung von leichten biegesteifen Wänden

Es wurden sowohl an Probestäben als auch an verkleinerten Modellwänden biegesteifer, hoch gedämpfter Sandwichkonstruktionen Messungen zur Bestimmung der Schalldämmung durchgeführt. Sie zeigen, daß mit den z.Z. gegebenen praktischen Möglichkeiten zum Aufbau derartiger Wände die Aufgabe, das Massengesetz zu übertreffen, nicht zu erfüllen ist. Insbesondere läßt sich die erforderliche Schubsteife der Kernschicht der Sandwich-Platte mit handelsüblichen Honigwabenkonstruktionen nicht realisieren.

Daher wurden in Abänderung der Aufgabenstellung Sandwichplatten aufgebaut, deren Kernschichten sehr geringe Schubsteife aufweisen, und die bei bestimmter Dimensionierung der Schichtdicken das Massengesetz innerhalb des bauakustisch interessierenden Frequenzbereichs erreichen. Es handelt sich dabei um geschichtete Platten aus Blei- oder Stahlblechen, die mit üblichen Baumaterialien verklebt sind.

Die Untersuchungen sind abgeschlossen.

#### A 24 Physik der Geige

Um eine dynamische Theorie der Saite aufzustellen, wurde der Einfluß der Kraft, mit der der Bogen (bei konstanter Bogengeschwindigkeit) gegen die Saite gedrückt wird, auf die Saitenschwingungen untersucht.

1. Um Schwingungen einer Saite aufrechtzuerhalten, ist ein minimaler Bogendruck notwendig. Dieser minimale Bogendruck muß um so höher sein, je größer der Geschwindigkeitssprung ist, der zu einer periodischen Schwingung der Saite notwendig ist.

2. Erhöht man den Bogendruck über den minimalen Bogendruck hinaus, so verringert sich die Dauer der Gleitphase und der Geschwindigkeitssprung an der Anstreichstelle vergrößert sich. Das macht sich im Spektrum der Saitenschwingungen durch eine Erhöhung des Oberwellengehalts bemerkbar.

Es wurde versucht, den Einfluß des Bogendruckes auf die Schwingungsform der gestrichenen Saite durch die Existenz einer Biegesteife der Saite zu erklären. Dabei wurde die Biegesteife in die Theorie von HELMHOLTZ, nach der ein wandernder Knick auf der Saite die Bedingungen des Anstreichpunktes und der starren Einspannungen erfüllt, eingearbeitet. Bei Berücksichtigung der Reibungskennlinie am Anstreichpunkt kann man dann die Änderung der Dauer der Gleitphase und des Geschwindigkeitssprunges unter dem Einfluß eines Bogendruckes berechnen.

Der Vergleich zwischen Rechnung und Messung zeigt, daß die Berücksichtigung der Biegesteife zwar notwendig ist, jedoch dadurch noch keine vollständige dynamische Theorie aufgestellt werden kann.

Deswegen sollen vor allen Dingen die Verluste in der Saite untersucht werden.

#### A 25 Untersuchung zur Ortung von Erhebungswinkeln

Bisherige Untersuchungen zur Lokalisierbarkeit von Schallquellen außerhalb der Horizontalebene des Hörers verwendeten Dauergeräusche als Testsignal. Die gängigen Hypothesen über den Mechanismus dieser Lokalisation basieren - da mit 2 Ohren allein kein räumliches Schallfeld eindeutig abzutasten ist - auf kleinen Kopfbewegungen. Um diesen Vermutungen nachzugehen, wurden Messungen vorbereitet, bei denen mit sehr kurzen Signalen im freien Schallfeld gearbeitet werden soll. Hierbei wird vorausgesetzt, daß die Signaldauer so kurz ist, daß keine differentiellen Richtungsinformationen durch Kopfbewegungen aufgenommen

werden können. In Vorversuchen zeigte sich, daß für Schallquellen in der Medianebene keine richtungsmäßige Unterscheidbarkeit besteht.

#### A 28 Herstellung und Auswertung von Echogrammen

In dem 1:16 Modell einer Konzerthalle wurden Echogrammuntersuchungen mit Knallsignalen und Gaußtönen vorgenommen. Die Echogramme dieser breitbandigen und schmalbandigen Signale wurden gegenübergestellt, wobei mit einem objektiven und einem subjektiven Verfahren die Echohaltigkeit geprüft wurde.

Echogrammmessungen wurden zur Untersuchung von Schallausbreitungsvorgängen im Freien und in geschlossenen Räumen angewandt.

Nach diesen orientierenden Voruntersuchungen wurde eine Meßreise nach Griechenland unternommen, um in dem Freitheater von Epidauros die akustischen Verhältnisse zu untersuchen. Über die Ergebnisse wurde auf einem HHI-Kolloquium berichtet.

Echogrammuntersuchungen konnten erfolgreich zur Erfassung der Schallausbreitung in der Berliner Philharmonie, in der Berliner Waldbühne und in Epidauros angewandt werden (s. Studienarbeiten MÄDER, ALTOP).

Der Bau eines Gaußfilters für drei Bereiche und eines Kugellautsprechers für Frequenzen von 6 - 40 kHz für Modellmessungen wurde betreut (s. Studienarbeiten KRAETSCH, BÖHNKE).

Schließlich wurde das Impulsintegrationsverfahren zur Auswertung der Nachhall-Zeit (Vorschlag von M.R. SCHROEDER) experimentell nachgeprüft. Es zeigte sich, daß mit dem Verfahren gut reproduzierbare Nachhallverläufe erhalten werden. Die meßtechnische Auswertung erscheint jedoch verbesserungsbedürftig.

## A 29 Klangerzeugung in labialen Orgelpfeifen

Im Maul einer labialen Orgelpfeife pendelt ein Freistrahle um die Schneide. Durch diese Bewegung wird periodisch Luft in den Pfeifenresonator geblasen.

Die Schallanregung eines so pendelnden Freistrahles wurde mit folgender Versuchsanordnung untersucht:

Am Ort maximaler Schnelle in einer stehenden Schallwelle (ca. 160 dB) tritt ein Freistrahle senkrecht zur Schallschnelle aus einer Düse. Ohne Schallfeld trifft der Freistrahle auf eine Schneide, die ihn zur Hälfte ins Freie, zur anderen Hälfte in ein reflexionsfrei abgeschlossenes Rohr lenkt. Unter Schalleinfluß pendelt der Strahl (sichtbar durch stroboskopisch beleuchteten Perlonfaden) und erzeugt im reflexionsfrei abgeschlossenen Rohr eine ebene, fortschreitende Welle, deren Betrag und Phase (zur steuernden Schallwelle) gemessen wurde.

Das Ergebnis der Betragsmessung war:

Der in der Zeiteinheit in das Rohr fließende Impuls ist gleich dem Schalldruck im Rohr multipliziert mit der Strahleintrittsfläche am Rohrende.

Die Phasenmessung ergab eine Verzögerung der Schallanregung gegenüber dem steuernden Schallfeld umgekehrt proportional zur Strahlgeschwindigkeit.

Zur weiteren Untersuchung der Bewegung des Freistrahles im Orgelpfeifenmaul wurde eine MICHELSON-Interferometeroptik aufgebaut.

Die Apparatur gestattet es, bei stroboskopischer Beleuchtung oder Zeitlupenaufnahmen den Zeitverlauf des Schalldruckes im Bereich des Pfeifenmauls direkt sichtbar zu machen. Gleichzeitig kann der anregende Gasstrahl (Acetylen-Luft-Gemisch) beobachtet werden. Die Interferometeroptik hat gegenüber der ein-

fachen Schlierenoptik den Vorteil, auch bei turbulenten Vorgängen scharfe Bilder zu liefern, da die optische Weglängendifferenz des Objekts ohne Einfluß seiner Form einen Kontrast erzeugt. Der Kontrast in der Schlierenoptik wird durch Ablenkung des Lichtes erzeugt und ist deshalb neben dem Brechungsindex des Objekts auch von seiner Form abhängig.

Wegen der hohen Empfindlichkeit der Apparatur war ein schweres, federnd gelagertes Fundament (Gewicht=1 to,  $f_0=3$  Hz) notwendig. Zur Feinjustierung mußten Winkeleinstellungen eines Spiegels auf Bogensekunden genau möglich sein; die Weglängeneinstellung erforderte kontinuierliche Parallelverschiebungen im Bereich der Lichtwellenlänge. Die Paralleljustierung erfolgt in zwei Stufen, grob mittels Mikrometerschraube, die einen kugelgelagerten Schlitten verschiebt, fein durch elektromagnetische Verformung eines geeigneten Drehteils.

Die beschriebene Apparatur liefert scharfe Strahlbilder. Bisher wurden Einzelbilder und ein Probefilm mit 4500 Bildern pro Sekunde aufgenommen. Die experimentell bestimmte Strahlform soll dazu dienen, theoretische Modelle der Strahlbewegung zu überprüfen. Aus den Bildern kann gleichzeitig die Phasenlage zwischen Schalldruck und Strahllage ermittelt werden.

#### A 30 Die Sicherheit von Urteilen über die Hörsamkeit von Räumen

Nach Beendigung der einführenden Versuche mit einfachen Tonbeispielen konnten durch die Auswertung der gewonnenen Ergebnisse Schwellenwerte entsprechend den Bedingungen des Experiments für die Erkennbarkeit geringfügiger Änderungen der Parameter Spektrum, Nachhall, Zeitstruktur und Lautstärke ermittelt werden.

Daraufhin wurde eine neue Versuchsserie vorbereitet und durchgeführt. Die hier angebotenen Signale sind einfache Melodiefolgen. Jedes Beispiel enthält die bereits in den Vorversuchen

enthaltenen geringfügigen Änderungen, die mit Sicherheit über ihren Schwellenwerten liegen. Außerdem unterscheiden sich die Beispiele auch durch ein wachsendes Informationsangebot, realisiert dadurch, daß dieselbe Melodie von verschiedenen Instrumenten, bzw. von einem oder mehreren Instrumenten gespielt wird.

In einer weiteren Versuchsserie wurden nicht mehr einfache Melodien sondern kurze Ausschnitte aus Werken unbekannter Meister aus der Zeit ab 1450 bis heute als Testsignale verwendet. Es soll untersucht werden, ob sich auch bei einem hohen Informationsangebot die Hörbarkeit geringfügiger Änderungen in den Grenzen hält, die bisher ermittelt wurden. Die Auswahl der Musikbeispiele erfolgt unter dem Gesichtspunkt, daß der Hörer möglichst keine Assoziationen zu bereits gehörten Interpretationen bilden kann.

#### A 32 Energieumsatz an Steg und Anstreichstelle bei Streichinstrumenten

Es wurde eine Meßeinrichtung aufgebaut, welche die Aufspannung schwingungsfähiger Saiten erlaubt, derart daß

- a) verschiedene Saitenlängen, z.B. die, welche bei realen Musikinstrumenten (Violine, Cello) vorkommen, benutzt werden können,
- b) die Kraft an einer der Auflagestellen (Steg) piezoelektrisch gemessen werden kann,
- c) die Stege "starr" sind, d.h. die Energieübertragung über die Stege im Verhältnis zu den Verlusten in der Saite und den Abstrahlungsverlusten klein ist.

Auf dem gleichen Fundament befindet sich eine Meßanordnung, die gestattet, die Eingangsimpedanz von Violin-Stegen bei voller Besaitung und unterbundener Fußauslenkung ( $v_{1,2} = 0$ ) zu messen. Die Anordnung entspricht einer Violine ohne Resonanzkasten. Es sind, sowohl bei Anregung des Steges mit einem

elektrodynamischen Schwingungsgeber als auch bei Erregung der Saiten durch einen Bogen, am Steg meßbar:

- a) die Steg-Eingangskraft (piezoelektrisch)
- b) die Steg-Eingangsauslenkung (kapazitiv)
- c) die beiden Steg-Ausgangskräfte (piezoelektrisch)

Eine Streichmaschine (mechanischer Bogen) mit einem umlaufenden endlosen Streichband, ist aufgebaut worden und ermöglicht es, die Bogengeschwindigkeit  $u$  im Verhältnis 1:120, dabei 1:30 stufenlos, mit einem Stellgerät zu variieren.

Der Verlauf  $T(f)$  der Nachhallzeit einer über starre Stege gespannten Violinsaiten über der Frequenz besteht generell aus einem Teil

$$T = T_1 \frac{f_1}{f}, \text{ d.h. Verlustfaktor } d = \text{const.}$$

für tiefe Frequenzen und einem Teil

$$T = T_2 \left(\frac{f}{f_2}\right)^{-k}$$

für höhere Frequenzen.  $f$  nimmt nur die Werte der Harmonischen bei konstantem Grundton an,  $k$  liegt für die verschiedenen Saitentypen innerhalb eines Bereiches  $k = 1,8 \dots 2,4$ ,  $T_1$  und  $T_2$  hängen dagegen stark vom Saitentyp ab. Es wurden 7 im Handel erhältliche Typen von Violinsaiten untersucht. Es konnten die Verluste, die der Saite selbst zuzuordnen sind, noch nicht von denjenigen getrennt werden, die (z.B. durch Trockenreibung) im Auflager der Saite auf dem starren Steg entstehen. Ein Einfluß der Lagerungsart (Lagerung auf ungekerbtem, in verschiedenen Formen gekerbtem Sattel, Einspannung) ist festgestellt worden. Bei Verminderung der Saitenspannung verlagert sich die Übergangsfrequenz vom ersten zum zweiten Teilstück der Kurve  $T(f)$  nach tieferen Frequenzen, jedoch nicht im Verhältnis der beiden Grundtöne. Die Exponenten von  $f$ ,  $-1$  bzw.  $-k$ , bleiben unverändert.

Für den Fall des auf die Saite aufgelegten Bogens läßt sich keine Nachhallzeit angeben, weil das Abklingen der Kraftamplitude im Saitenaufleger nicht nach einer Exponentialfunktion, sondern zeitlinear erfolgt, wie bei einem einfachen Schwinger mit Trockenreibung. Dabei bleibt die Form der Saitenschwingung bis zum Abklingen unverändert, d.h. es werden alle wesentlichen Teiltöne gleich stark gedämpft.

Die Nachhallzeit  $T(f)$  einer auf eine Violine gespannten Saite hat keinen analytisch darstellbaren Verlauf, ist im Mittel um weniger als eine Zehnerpotenz geringer als beim Fall der starren Stege und hängt von der Anzupfrichtung ab. Es läßt sich während des Nachhalles keine polarisierte gleichbleibende Schwingungsrichtung aufrechterhalten. Eine richtungsselektive Messung der Eingangskraft  $F_e$  am Steg ist deshalb unzuweckmäßig. Die Nachhallkurven  $\lg F_{1,2}(t)$  der Steg Ausgangskräfte sind geknickt. Es ist eine Zuordnung des ersten, steilen Verlaufs zur horizontalen, des zweiten, flacheren Verlaufs zur vertikalen Schwingungsrichtung der Saite möglich.

Die Eingangsimpedanz des starr aufgesetzten Violinsteges,

$$w_{33} = \frac{F_e}{v_e} = w(f)$$

hat bei dem untersuchten Exemplar ein ausgeprägtes Minimum bei 2,8 kHz. Bei dieser Resonanzfrequenz kippt die obere Stegmasse innerhalb der Stegebene gegen das untere Stegteil. Bei 6,0 kHz hat die Eingangsimpedanz  $w_{33}$  ein Maximum. Die Schwingungsform des Steges bei dieser und bei den höheren Frequenzen muß noch geklärt werden. Für ein berechnetes mechanisches Ersatzmodell des Violinsteges ergibt sich nur Übereinstimmung unterhalb von 5 kHz.

Das Kraftübersetzungsverhältnis  $\frac{F_1}{F_e}$  bzw.  $\frac{F_2}{F_e}$  von Steg Ausgangskraft zu Steg Eingangskraft am starr aufgesetzten Steg ist eben-

falls gemessen worden. Es bestätigt, daß der Steg bis  $f \approx 1,5$  kHz als masseloser Hebel betrachtet werden kann ( $\frac{F_1}{F_e} = \text{const}$ ). Bei  $f = 2,5$  kHz liegt das Maximum einer

breiten Resonanz des Kraftübersetzungsverhältnisses. Weitere  $\frac{F_1}{F_e}$ -Resonanzen oberhalb von 5 kHz zeigen, daß in diesem Frequenzbereich die modellmäßige Auffassung des Steges, die von 2 in sich starren, in irgendeiner Weise federnd gelagerten Massen ausgeht, nicht mehr zutrifft.

### A 33 Torsionswellen-Verzögerungsleitung

Als Weiterentwicklung einer früher beschriebenen Schallverzögerungseinrichtung (A 5) ist eine mechanische Verzögerungsleitung für Signale im Frequenzbereich 150 - 12 000 Hz entwickelt worden.

Folgende Einzelprobleme wurden gelöst: Erhöhung der Tiefpaßgrenzfrequenz auf  $f_0 = 24$  kHz; Verringerung des Wellenwiderstandes auf Werte, die eine Anpassung an einen Abschlußwiderstand ermöglichen; Entwicklung eines piezoelektrischen Sende-Wandlers für Torsionsbewegungen in dem genannten Betriebsfrequenzbereich und Entwicklung eines Abschlußwiderstandes unter Verwendung von Kunststoffen mit äußerst hohem Verlustfaktor.

An einem Muster wurde eine Phasengeschwindigkeit  $C_{ph_0} = 35$  m/sec gemessen. Die Ausbreitungsdämpfung ist bis 5 kHz unmeßbar klein und steigt dann bis auf Werte um 25 dB/m bei 12 kHz an.

Die bisher verfolgte Art der Abtastung der Wellen setzte einen raumfesten Bezugspunkt für den Wandler voraus. Ein solches Verfahren bietet einerseits den Vorteil der Verschiebbarkeit des Abtastortes und damit der Verzögerungszeit, steht aber andererseits konstruktiven Schwierigkeiten bei der Anbringung und

einer starken Körperschallempfindlichkeit und schließlich unvermeidlichen Anpassungsfehlern beim Aufsetzen des Wandlers gegenüber. Es wurde daher ein piezoelektrischer Empfangswandler entwickelt, der statt eines Trägheitselementes in den Kettenleiter eingebaut wird. Es werden damit die beschriebenen Vor- und Nachteile vertauscht.

Die Untersuchungen wurden abgeschlossen.

#### F 4 Messungen über teilnehmerabhängige Zeiten im Fernsprechverkehr

Die Auswertung der Messung teilnehmerabhängiger Zeiten im Fernverkehr von Berlin nach München wurde im Berichtszeitraum abgeschlossen. Folgende Zeitintervalle wurden bestimmt:

- 1.) für die 5. bis letzte Wahlpause 9-, 10-, 11- und 12-stelliger Rufnummern
  - a) der arithmetische Mittelwert
  - b) die logarithmische Streuung
  - c) die logarithmische Schiefe
  - d) der logarithmische Exzess
  - e) der Anteil der Werte  $> 20$  s
  - f) die relative Häufigkeit der Zeitwerte
  - g) die Verteilungsfunktion der Zeitwerte
  
- 2.) für die Zeitintervalle vom Ende der letzten Wahlserie
  - I) bis zum Auflegen des rufenden Teilnehmers und
  - II) bis zur Besetzttongabe oder zum Gesprächsbeginn
    - a. der Anteil der Werte  $> 20$  s
    - b. die Verteilungsfunktion.

Die Ergebnisse bieten einen Überblick über das zeitliche Verhalten des Teilnehmers bei der Wahl von Rufnummern unterschiedlicher Ziffernzahl. Insbesondere von Interesse sind die Ergebnisse für die 12-stelligen Rufnummern, da hier das Verhalten

des Teilnehmers bei der Nebenstellendurchwahl ermittelt wurde.

Eine weitere Messung teilnehmerabhängiger Zeiten wurde im Berichtsjahr begonnen und abgeschlossen, um zusätzlich zu den bisher ermittelten Größen die Wahlbeginndauer und die 1. bis 5. Wahlpause zu erfassen. Registriert wurden ohne Richtungs- auswahl alle Verbindungen aus einer Berliner Ortsvermittlung- stelle in die Fernverkehrsebene.

Nach Abschluß der Messungen wurde mit der Herstellung dreier Rechenmaschinenprogramme für die Auswertung begonnen. Die Er- gebnisse werden im kommenden Jahr vorliegen.

F 16 Entwurf und Aufbau von Geräten zur Aufnahme und Auswer- tung von Meßwerten

Meßeinrichtung für den Vergleich verschiedener Tastenanordnun- gen in Tastwahlsprechstellen.

In einer neuen Untersuchung sollen mit Hilfe von Versuchsperso- nen verschiedene Tastenanordnungen in Tastwahlsprechstellen verglichen werden. Die bisherigen Arbeiten auf diesem Gebiet haben ergeben, daß das Verhalten (Fehler- und Zeitverhalten) des Teilnehmers nicht sehr stark von der Anordnung der Tasten abhängt. Daher müssen die Ergebnisse sehr genau analysiert werden können. Die Meßeinrichtung soll folgende Aufgaben er- füllen:

- a. Über ein Tastenfeld werden die Nummer des Versuchs, die Nummer der Versuchsperson und die Nummer der Sprechstelle an Locher I und Locher II gegeben.
- b. Die von der Tastwahlsprechstelle kommenden Ziffern werden in einem Durchlaufspeicher A auf Übertragungsfehler hin geprüft, anschließend in Fernschreibzeichen umkodiert und an Locher I gegeben.
- c. Die Wahlbeginndauer, die Tastzeiten und die Wahlpausen

werden von einem Durchlaufspeicher B aufgenommen, in Fernschreibzeichen umkodiert und an Locher II gegeben.

Die Einrichtung ist in zwei Baugruppen unterteilt:

Baugruppe 1 erfüllt die unter a. und b. erwähnten Aufgaben. Die aus der Sprechstelle kommenden Ziffern werden in einen 2-aus-5-Code umgewandelt, im Speicher daraufhin geprüft, ob in 2 von 5 Bit eine 1 steht, und nach Umwandlung in Fernschreibzeichen in Abhängigkeit von der Arbeitsbereitschaft des Lochers I ausgegeben. Der Speicher kann gleichzeitig 4 Zeichen speichern, hat also  $5 \times 4 = 20$  Bit.

Baugruppe 2 erfüllt die unter c. erwähnten Aufgaben. Die Zählimpulse für die Zeitmessung werden aus dem Digitalausgang eines elektronischen Zählers im BCD-Code entnommen. Bei jeder Änderung des Betriebsstandes der Sprechstelle (Handapparat aufgelegt, Handapparat abgenommen, Taste gedrückt, keine Taste gedrückt) wird der augenblickliche Zeitwert in einen Kernspeicher eingeschrieben. Dieser enthält etwa 1000 Bit; 35 Zeitwerte können gespeichert werden. Nach Umwandlung in Fernschreibzeichen werden die Zeitwerte an den Locher ausgegeben, wobei führende Nullen unterdrückt werden.

Das Gerät wird im Laufe des nächsten Jahres für Messungen zur Verfügung stehen.

#### F 19 Messungen der Wahlfehler- und Falschwahlhäufigkeit bei Tastenwahl

Die im vorigen Berichtszeitraum beschriebenen Messungen der Wahlfehler, der Wahlbeginndauer und der Wahldauer bei Verwendung einer Tastwahlsprechstelle in Abhängigkeit von der Sorgfalt der Versuchsperson wurden im Berichtszeitraum ausgewertet. Über die Ergebnisse wurde in einem Vortrag auf dem "International Symposium on Human Factors in Telephony" in den Haag berichtet (siehe Teil E).

F 23 Untersuchung des Laufzeiteinflusses auf die Übertragungsgüte bei Ferngesprächen über sehr große Entfernungen

Zu Beginn des Jahres wurden mit Studenten über die im Bericht von 1965 geschilderte Vierdraht-Telefonverbindung mit veränderlichem Laufzeitglied und sprachgesteuertem Rauschgenerator freie Versuchsgespräche auf der Grundlage von Puzzlespielen und geschäftlichen Aufträgen abgewickelt. Die Methode der subjektiven Beurteilung (Opiniontest) im Jahre 1965 wurde verlassen zu Gunsten eines ebenfalls subjektiven Vergleichs von Test- und Normalverbindung. Als weitere methodische Verbesserung (Konstanz der Parameter) wurde der Versuchsaufbau voll automatisiert; d.h. Reihenfolge der verschiedenen Testverbindungen, Zwischenschaltung der Normalverbindung, Ton- und Lichtsignale für Versuchsperson und Versuchsleiter und die notwendigen Lautsprecheransagen erfolgten nach einem verdrahteten Programm. (Umbau der Anlage Ende 1965)

Die Urteile der Versuchspersonen wurden registriert, gemittelt und als Funktion der Laufzeit dargestellt. Die Vertrauensgrenzen wurden errechnet und eingetragen. Parameter für die Kurven waren die Aufgaben, die die Gesprächsgrundlagen bildeten und das als Zeitraumfüller verwendete Rauschen. Die Ergebnisse wurden gedeutet.

Mit der Klassifikation der Urteile der Versuchsteilnehmer bei einer Schlußbefragung wurde begonnen. Für die automatische Auswertung der Bandaufnahmen von Versuchsgesprächen wurden elektronische Schaltungen entwickelt. Diese Entwicklungen und die dazu notwendigen Untersuchungen sind noch nicht abgeschlossen.

Im kommenden Jahr sollen weitere Versuche mit einem verbesserten Laufzeitglied und Nachhall als Zeitraumfüller vorgenommen werden.

## F 24 Vermittlungseinrichtungen für große Bandbreiten

Koppelpunkte der Vermittlungstechnik müssen neben einem guten Schaltverhalten auch Speicherverhalten besitzen, d.h., ihre U-I-Charakteristik muß einen Bereich negativen differentiellen Widerstandes einschließen. Bauelemente mit diesen Eigenschaften können, wie es bei der Ansteuerung von Koppelpunkten im Koppelfeld erforderlich ist, durch Impulse in zwei stabile Zustände umgesteuert werden und den jeweils erreichten Zustand beibehalten.

Das Schaltverhalten elektronischer Koppelpunkte auf Halbleiterbasis wurde für Signale großer Bandbreite bestimmt. Die Untersuchungen umfaßten den Frequenzbereich von 2,5 kHz bis 10 MHz. Mit dem dazu aufgebauten, nach dem Substitutionsverfahren arbeitenden Meßplatz konnten Sperrdämpfungen (bis 150 dB) und Durchlaßwiderstände gemessen werden. Widerstandsänderungen von  $0,01\Omega$  waren noch ablesbar. Die Eigenkopplung des Meßplatzes lag bei  $10^{-3}$  pF.

Es wurden zwei Arten von Koppelpunkten untersucht:

### a) Gesteuerte Halbleiter,

d.h. Bauelemente, die von einem individuellen, bistabilen Steuerelement (Speicher) in den Durchlaß- bzw. Sperrzustand geschaltet werden.

Beispiele: Diode mit bistabilem Flip-Flop

Diode mit bistabiler Vierschichtdiode

Transistor mit Tunneldiode

### b) Getriggerte (aktive) Halbleiter,

d.h. Bauelemente, die zugleich Speicher- und Schaltereigenschaften besitzen.

Beispiele: Vierschichtdiode

pnpn-Triode (Thyristor)

pnpn-Tetrode

Kompoundkreis (Kombination von pnp- und npn-Transistor)

Unijunction-Transistor

Zur Bestimmung des Schaltverhaltens dieser Koppelpunkte wurden folgende Messungen vorgenommen:

a) Bestimmung der statischen Kennlinien (U-I-Charakteristik)

b) Messung des äquivalenten Durchlaßwiderstandes

Parameter: Arbeitspunkt (Emitter- bzw. Anodenstrom)  
Widerstände der Steuertore  
Frequenz  
Richtung des Signals  
Sendepegel

c) Messung der Sperrdämpfung

Parameter: Arbeitspunkt (Sperrspannung)  
Widerstände der Steuertore  
Frequenz  
Richtung des Signals

Für Untersuchungen über die Anwendungsmöglichkeiten von Zeitmultiplex-Verfahren in einem Vermittlungssystem für große Bandbreiten wurde ein Pulsgenerator aufgebaut.

Eigenschaften: 12 Pulslagen

10 einstellbare Pulsfolgefrequenzen (150 kHz bis 7,2 MHz)

Tastverhältnis einstellbar zwischen 20 % und 80 %

Der Generator ist volltransistorisiert, der zwölfstufige Ringzähler arbeitet mit Tunnelnioden.

## H 1 Längstwellenausbreitung

a) Untersuchungen mit Hilfe von Längstwellensendern.

Amplituden- und Phasenregistrierungen der Feldstärke kommerzieller Längstwellensender kann man mit Hilfe eines einfachen Modells der tiefen Ionosphäre interpretieren (FRISIUS, Dissertation, Göttingen 1966). Das Modell enthält zwei Parameter:

1. Eine "effektive Reflexionshöhe"  $h'$ , welche die Phasendifferenz zwischen Bodenwelle und Raumwellen ergibt,
2. ein Reflexionsparameter  $\alpha$ , der die Güte der ionosphärischen Reflexion charakterisiert und damit die Amplitudenverhältnisse zwischen Bodenwelle und Raumwellen zu berechnen gestattet.

Aus Bestimmungen dieser beiden Parameter kann man gewisse Schlüsse auf die Schichtung der tiefen Ionosphäre ziehen. Daher haben wir uns die Aufgabe gestellt, einen möglichst großen Teil des hier vorliegenden umfangreichen Registriermaterials mit Hilfe dieses Modells zu analysieren, um zu statistisch einigermaßen gesicherten Aussagen über das tages- und jahreszeitliche Verhalten von  $h'$  und  $\alpha$  zu kommen. Außer den Berliner Registrierungen des Senders GBR (16 kHz) bzw. GBZ (19,6 kHz) stehen noch recht vollständige Amplituden- und Phasermessungen aus Lindau (Harz) für den Zeitraum November 1963 bis Dezember 1965 zur Verfügung, außerdem noch einige Daten über Amplitudenmessungen an 8 verschiedenen Stationen während des Winters 1962/63.

Für die Analysen wurde ein Rechenprogramm erstellt, mit dessen Hilfe für jeden Wellenausbreitungsweg und für beliebige Wertebereiche der Parameter  $h'$  und  $\alpha$  Feldstärken berechnet werden können. Die Berechnungen wurden am Hahn-Meitner-Institut für Kernforschung durchgeführt. Die Ergebnisse wurden zur Konstruktion sogenannter "Pegellinienkarten" und "Phasenlinienkarten" benutzt, welche die Grundlagen für die Auswertung bilden.

Zur Erprobung der neuen Pegellinienkarten wurden einige schon früher von FRISIUS durchgeführte Parameterbestimmungen wiederholt. Die oben erwähnten Meßdaten von 8 verschiedenen Stationen wurden durch die nunmehr gefundenen Parameter so gut dargestellt, daß die Berechnung unseres einfachen Modells der tiefen Ionosphäre als erwiesen gelten kann.

Mit Hilfe der Phasenlinienkarten kann man relativ genau die zeitliche Variation von  $h'$  und  $\alpha$  während der Dämmerungseffekte bestimmen und mit früheren Interpretationen vergleichen. Mit Sicherheit ist die allmorgendliche Abnahme von  $h'$  und gleichzeitige Zunahme von  $\alpha$  weder stetig noch monoton. Auch konnte kein eindeutiger Zusammenhang zwischen  $h'$  und  $\alpha$  gefunden werden. Die Suche nach einer analytischen Darstellung des Dämmerungseffektes ist bei weitem noch nicht abgeschlossen und erfordert noch zahlreiche Auswertungen.

Leider sind hierbei gewisse praktische Probleme noch ungelöst. Die korrekte Analyse eines einzigen Tagesganges erfordert zur Zeit noch Stunden. Mehrere Versuche, die Auswertungsarbeit wenigstens durch teilweisen Einsatz programmierbarer Rechenverfahren abzukürzen, blieben ohne Erfolg, vor allem wegen der zahlreichen, zahlenmäßig nicht recht faßbaren Irregularitäten der vorliegenden Phasenregistrierungen. Es ist jedoch zu hoffen, daß ein inzwischen entwickeltes Zusatzgerät zur Phasenregistrierung in Zukunft wesentliche Erleichterungen bei der Elimination der unvermeidlichen Normalfrequenzdrift bringen wird.

Da der Sender GBR (16 kHz) ab 1. 1. 1966 seine Sendungen für längere Zeit einstellte, wurde mit Hilfe des im vorigen Jahresbericht erwähnten Frequenzumsetzers der Sender GBZ (19,6 kHz) registriert. Beobachtete Sonneneruptionseffekte wurden wie bisher dem Geophysikalischen Institut der Universität Göttingen zur Aufnahme in die Ionosphärenberichte gemeldet. Für die neue Registrieranlage wurde ein frequenz- und amplitudenstabilisierter Eichgenerator aufgebaut, mit dem die Empfindlichkeit der Registrieranlage auf den Frequenzen 16 kHz und 19,6 kHz kontrolliert werden kann.

Da sich mit der motorgesteuerten Regeleinrichtung zur Registrierung des Tagesganges der Phase der Längstwellensender Schwierigkeiten ergaben, wurde sie Ende des Jahres durch einen digital

arbeitenden Regelkreis ersetzt. Dieser Regelkreis gestattet die kontinuierliche Registrierung von  $12 \cdot 360^\circ = 4320^\circ$  Phasenänderung. Registriert wird mit einem Kompensationsschreiber mit einer ausgenutzten Schreibbreite von 240 mm und einem Vorschub von 5 mm/Std. Die Phasennachstellung je Regelschritt ist ca.  $10^\circ$ , entsprechend 0,5 mm Schreiberausschlag. Diese Phasenregistrierung arbeitet jetzt zur Zufriedenheit.

Nachdem der Sender GBR am 1. 12. 1966 wieder seinen Betrieb aufgenommen hat, wird wieder dieser Sender registriert.

#### b) Untersuchungen von Atmosphericics

Die statistischen Atmosphericics-Registrierungen ohne Berücksichtigung des Einfallswinkels in der Außenstelle Waidmannslust wurden täglich in der Zeit von 14.00 - 14.30 Uhr bis Dezember 1966 fortgesetzt. Sie wurden zum Jahresende eingestellt, da inzwischen genug Registriermaterial dieser Art vorliegt.

Im wesentlichen konzentrierten sich die Arbeiten auf den Aufbau und auf die Inbetriebnahme der vier im vorigen Jahresbericht beschriebenen automatischen Atmosphericics-Feilanlagen.

Die Entwicklung und der Aufbau der Anlagen wurde im Berichtszeitraum abgeschlossen.

Nachdem Anfang August die erste Anlage in der Außenstelle Waidmannslust den Probetrieb aufgenommen hatte, wurde mit dieser Anlage in Berlin im September der automatische Registrierbetrieb begonnen.

Die zweite Anlage wurde Ende September in der Radiosternwarte der Universität Bonn auf dem Stockert in der Eifel installiert und in Betrieb genommen.

Die dritte Anlage wurde Mitte Oktober in der Außenstelle des

Astronomischen Instituts der Universität Tübingen in Weissenau b. Ravensburg aufgebaut.

Die vierte Anlage soll zunächst ergänzenden Registrierungen in der Außenstelle Waidmannslust dienen. Sie wird zur Zeit in Betrieb gesetzt und soll später wahrscheinlich an einem Aufstellungsort im Ausland eingesetzt werden.

Die Anlagen in Berlin, auf dem Stockert und in Weissenau arbeiten z.Z. nach dem gleichen, automatisch gesteuerten Meßprogramm. Von der Anlage werden stündlich sechs Registrierungen auf Kleinbildfilm aufgenommen. Dabei handelt es sich um je zwei Registrierungen der Amplitudenverteilung und der Gruppenlaufzeitdifferenz und um eine Registrierung des Amplitudenverhältnisses von Atmosphericics bei gleichzeitiger Peilung. Eine Registrierung dient zu Kontrollzwecken.

Die drei bis jetzt eingesetzten Anlagen arbeiten seit ihrer Inbetriebnahme ohne wesentliche Störungen und mit guter Konstanz.

Nach Fertigstellung und Inbetriebnahme der drei Atmosphericics-Peilanlagen war zunächst die Verarbeitung der nunmehr anfallenden großen Datenmenge zu überlegen. Über Ergebnisse der bis jetzt zwei Monate laufenden Meßserie können wir nur mit einigen Angaben einen groben Überblick geben. Eine detaillierte Darstellung ist in Vorbereitung und wird im Frühjahr 1967 in Kleinheubach vorgetragen werden.

An jeder der drei Meßstationen werden stündlich fünf auszuwertende Oszillographen-Schirmaufnahmen gemacht, denen die jeweils gewünschte Information durch Auszählen bzw. Ausmessen entnommen wird. Für die weitere Verarbeitung sind vorläufig im wesentlichen graphische Methoden vorgesehen.

1) Ortung der Gewitterherde: Die Zuverlässigkeit der Ortungen prüfen wir durch Vergleich mit den sfloc-Meldungen des Britischen

Wetterdienstes. Die Ortung mit einer Basislinie unseres Stationsdreiecks gelingt nur dann, wenn die beiden Peilrichtungen mindestens  $15^{\circ}$  von der Richtung der Basis abweichen. Auch dann kann die Ortung mit einer zweiten Basislinie etwa um 10% abweichende Entfernungswerte ergeben. Zur Bestimmung von Entfernungen von über 5000 km sind die uns verfügbaren Basislinien zu kurz.

Mit den sfloc-Meldungen sind unsere Ortungen dann gut verträglich, wenn man die Meldungen über mehrere Stunden zu einem Gesamtbild der Atmosphericstätigkeit zusammenfaßt. Dieses Bild stimmt dann befriedigend mit der Verteilung der Atmosphericherde, welche unsere Aufnahmen ergeben, überein.

2) Die Azimutabhängigkeit der Atmospheric-Aktivität wird für die Zeitpunkte 01.00 und 13.00 MEZ jeden Tages bestimmt. Die nächtliche Bevorzugung westlicher Herde ist klar zu erkennen. Das ist in guter Übereinstimmung mit theoretischen Überlegungen (Anisotropie der Ionosphäre) und Beobachtungen früherer Autoren.

3) Die Amplitudenverteilung für einzelne, gut lokalisierbare Herde wird durch Auszählen bestimmt. Für die analytische Darstellung erwies sich das von VOLLAND eingeführte Exponentialgesetz als geeignet, nachdem gewisse Fehlerquellen bei der Auszählung starker Herde durch Modifikation des Zählverfahrens eliminiert werden konnten.

4) Die Auswertung der Dispersionsaufnahmen basiert zunächst noch auf dem einfachen Modell der dominant-mode-Ausbreitung im ebenen, seitlich unendlich ausgedehnten Wellenleiter, obwohl strenggenommen weitere modes höherer Ordnung noch der Einfluß der Erdkrümmung vernachlässigt werden dürfen. Dem einfachen Modell zufolge ist die gemessene Dispersion

$$\frac{dt_g}{df} = \frac{g}{f^3 h^2}$$

- g = Entfernung
- f = Frequenz
- h = Reflexionshöhe
- t<sub>g</sub> = Gruppenlaufzeit

Rechnet man am Tage mit  $h = h_d = 70$  km und nachts mit  $h = h_n = 85$  km und entnimmt die Entfernung der Ortung, so ist der Proportionalitätsfaktor die zu bestimmende Unbekannte.

Falls man genügend weit entfernte Herde über längere Zeit beobachten und den Proportionalitätsfaktor in genügend enge Grenzen einschließen kann, läßt sich die Dispersionsmessung zur Entfernungsbestimmung ausbauen. Bis jetzt läßt sich nur sagen, daß sich in einigen Fällen die nachts gemessenen Dispersionen zu den Tageswerten tatsächlich etwa umgekehrt wie die Quadrate der oben angegebenen Höhenwerte verhielten. Bei näher gelegenen Herden jedoch treten häufig negative Dispersionen auf, welche mit der dominant-mode-Theorie nicht zu erklären sind.

Um den Einfluß der Erdkrümmung auf die dominant-mode-Ausbreitung wenigstens abschätzen zu können, wurden exakte Berechnungen der Ausbreitungsparameter durch das CRPL in Boulder herangezogen. Aus diesen konnten für Frequenzwerte über 8 kHz Dispersionen abgeleitet werden, die um einen fast konstanten Faktor von etwa 4,5 über den Werten liegen, die aus der einfachen Theorie folgen. Es ist also nicht unvernünftig, anzunehmen, daß auch bei den von uns verwendeten Frequenzen (6 und 8 kHz) der Einfluß der Erdkrümmung lediglich in einer Änderung des ohnehin unbekanntem Proportionalitätsfaktors besteht.

5) Die Amplituden-Verhältnis-Aufnahmen  $A(9 \text{ kHz})/A(6 \text{ kHz})$  ergeben zur Zeit nur eine Kontrolle der Ergebnisse der Amplitudenverteilungsaufnahmen. Zu ihrer direkten Auswertung muß zuvor ein Rechenprogramm mit zahlreichen mode-Theorie-Rechnungen durchgeführt werden, welches erst im folgenden Jahr in Angriff genommen werden wird.

#### c) Untersuchungen von Whistlern

Da die bei einer hiesigen Firma in Auftrag gegebene Verzögerungsleitung mit erheblicher Verspätung erst Ende des Jahres ausgeliefert wurde, konnte der Aufbau der nach dem Autokorrelationsverfahren arbeitenden Apparatur erst jetzt wieder in Angriff genommen werden.

#### H 7 Ammoniak-Maser

Aufgrund der Erfahrungen, die sich mit den beiden für die experimentellen Untersuchungen verwendeten Doppelstrahlmasern ergaben, wurde ein neuer, sehr kompakter Doppelstrahlmaser gebaut, der jetzt als betriebsmäßiges Frequenznormal dient. Die erreichbare Frequenzgenauigkeit ist nicht ganz so gut wie bei der Anordnung mit 2 Masern, insbesondere weil aus nicht geklärten Gründen ein höherer Teilchenfluß zum Anschwingen nötig ist als bei den früheren Masern. Hieraus folgt eine Linienverbreiterung und eine Frequenzverschiebung. Beides hält sich jedoch in solchen Grenzen, daß ein weiterer Umbau nicht mehr vorgenommen wurde, zumal da der Ammoniakmaser ohnehin nur bis zur Fertigstellung des Wasserstoffmasers, mit der 1967 gerechnet werden kann, als Frequenznormal dienen sollte.

Das Vorhaben ist abgeschlossen.

#### H 8 Frequenzvergleichsanlage

Die täglichen drahtlosen Frequenzvergleiche zwischen unserem Normalfrequenzgenerator HP 103 AR und dem Normalfrequenzsender DCF 77 wurden fortgesetzt. Der tägliche Gang (Alterung) der

Frequenz des Generators hat bei Werten zwischen  $-6$  und  $-7 \cdot 10^{-10}$ /Tag gelegen.

Der Frequenzvergleich gegen die Station NBA (Panama) auf der Frequenz 24,00 kHz konnte nach anfänglichen Schwierigkeiten begonnen werden und auch - entgegen den ursprünglichen Erwartungen - während der Sommermonate durchgeführt werden.

Nachdem im Frühjahr bekannt wurde, daß von der Station HBG (Schweiz) die von einem Rubidium-Normal abgeleitete Frequenz von 75,00 kHz als Träger abgestrahlt wird, haben wir vom Observatorium in Neuchatel einen von dort angebotenen Empfänger für diesen Vergleich bezogen. Das Gerät enthält zusätzlich einen 100 kHz-Quarzgenerator, dessen Frequenz von der empfangenen Frequenz mitgezogen wird.

Nach der Inbetriebnahme zeigten sich einige Mängel:

starke Temperaturempfindlichkeit der Quarzfrequenz (Umgebungstemperatur, Luftzug),  
fehlende Begrenzung des empfangenen Signals vor dem Phasenvergleich und sehr geringer Aufwand an Selektionsmitteln vor der Gleichrichtung.

Dadurch werden z.B. reine Amplitudenschwankungen bei konstantem Phasenwinkel in Schwankungen der Phase umgewandelt und ein relativ großer Anteil des Störspektrums geht in den Phasenvergleich ein. Während der Nacht wird der Quarzgenerator für längere Zeiten nicht mehr mitgezogen.

Auf Anregung des Observatoriums in Neuchatel wurden mit diesem Empfänger eine größere Anzahl Messungen durchgeführt mit dem Ziel, die Streubreite von Frequenzvergleichen des Senders HBG in Berlin in Abhängigkeit von der Meßzeit festzustellen.

Dazu wurden sowohl die Frequenz des mitgezogenen Quarzgenerators

wie auch unsere Normalfrequenz auf 300 MHz vervielfacht. Um die Schwierigkeiten des Vorzeichenwechsels zu umgehen, wurde die eigene Normalfrequenz außerdem um etwa  $10^{-6}$  versetzt, so daß sich beim Vergleich bei 300 MHz eine mittlere Differenz von 300 Hz ergab.

Der genaue Betrag der Differenz wurde jeweils mit einem Zähler ermittelt und ausgedruckt. Von verschiedenen Gruppen mit je 120 ... 160 Einzelwerten bei Meßzeiten von einer bzw. zehn Sekunden und bisher einer Gruppe mit Meßzeiten von 100 Sekunden wurden dann Streubreiten bestimmt, die jedoch um den Faktor 2 ... 3 größer waren, als zu erwarten sein sollte.- Bei einer Kontrolle des Phasenverlaufs bei höherer Transportgeschwindigkeit des Registrierpapierstreifens konnte deutlich die dritte Harmonische einer Störfrequenz als mögliche Ursache der größeren Streubreite erkannt werden.

Zur Verbesserung der unerwünschten Temperaturabhängigkeit ist das Empfangsgerät inzwischen an den Hersteller zurückgegeben worden.

Für den Betrieb des Röhren-Quarzgenerators im neuen Institutsgebäude muß ein neues Netzteil aufgebaut werden, bei dem wegen des dann nicht mehr vorhandenen Gleichstromnetzes von einer höheren gleichgerichteten Spannung von etwa 300 V vor der Regelschaltung ausgegangen werden soll, um auch größere Änderungen der Netzspannung besser ausregeln zu können. An einem Laboraufbau der Regelschaltung werden seit kurzer Zeit Versuche mit dem Ziel einer optimalen Bemessung ausgeführt.

An den mechanischen Antrieben der Phasenschieber sind auch im vergangenen Jahr einige Fehler aufgetreten und behoben worden.

Je nach der Verstimmung wurden z.B. die folgenden charakteristischen Daten der Verstärkungsverläufe gemessen:

Verstärkung	Bandbreite	Welligkeit
32 dB	4,0 MHz	1 dB
15 dB	12,1 MHz	0,7 dB
8,7 dB	17,7 MHz	0,7 dB
5,5 dB	20,0 MHz	0,6 dB
2,7 dB	25,0 MHz	1,7 dB

Die verschiedenen Frequenzgänge waren recht einfach einstellbar, eine Schwingneigung des Masers ist nicht beobachtet worden. Die Anordnung arbeitet kurzschlußfest, die Rückwärtsdämpfung liegt oberhalb des Meßbereichs von ca. 60 dB. Das äußere Magnetfeld (3322 G) wurde durch einen 20 cm-Elektromagneten (stromstabilisiert) erzeugt. Die Pumpfrequenz lag bei 30,29 GHz, die Pumpleistung betrug etwa 100 mW.

Die Resonatoren aller beschriebenen Maser waren mit Rubinen bestückt, deren Kristallachsenlage den optimalen  $90^{\circ}$ -Arbeitspunkt (Winkel c-Achse/Richtung des äußeren Magnetfeldes) ermöglichte. Jedoch wich die Chromdotierung mit 0,05 Atomprozent erheblich vom Optimalwert (0,035 Atomprozent) ab. Mit optimal dotierten Rubinen ist eine Steigerung des Verstärkungs-Bandbreite-Produkts jedes Einzelresonators etwa um den Faktor 2 (6 dB) zu erwarten. Die Verstärkung des Dreiresonator-Masers würde dann also (bei gleichen Bandbreiten) um ca. 18 dB steigen und damit die von Wanderfeldmasern bekannten Daten erreichen.

## H 28 Zusammenhänge zwischen meteorologischen Erscheinungen und Mikrowellenausbreitung

Die Arbeiten wurden auf 3 Teilgebieten durchgeführt:

1. Erweiterung einer bisher über eine Entfernung von 8,4 km arbeitenden Meßanlage zur Feststellung von niederschlagsbedingten Dämpfungen und Einflüssen von Brechungsindex-

Schwankungen bei der troposphärischen Ausbreitung von mm-Wellen auf eine Entfernung von 21,2 km. Die Anlage arbeitet bei einer Frequenz von 52,4 GHz.

2. Entwicklung von zwei Meßgeräten zur Gewinnung meteorologischer Daten.
3. Untersuchungen zur geplanten Erweiterung der Ausbreitungsuntersuchungen zwischen 2 und 2,5 mm Wellenlänge.

Zu 1.:

Während die alte Meßstrecke im wesentlichen über bebauten Gelände führte, läuft die neue Strecke vom Fernmeldeturm der Bundespost auf dem Schäferberg über Wasser- und Waldgebiet zum Turm der Borsigwerke in Tegel. Die Verlängerung der Meßstrecke um mehr als das Doppelte war durch den Ersatz der bisherigen 42 dB-Parabolantennen durch neue Spiegel mit einem Gewinn von 54 dB möglich. Ein Nachteil der neuen Anlage ist, daß diese größeren Antennen im Gegensatz zu früher nicht in Innenräumen aufgestellt werden können und so Tau, Regen, Eis oder Schnee ausgesetzt sind, was zur Verfälschung der Meßergebnisse führen kann. Zur Zeit wird versucht, diese Einflüsse herabzusetzen.

Der Sender dieser Meßanlage steht auf dem Fernmeldeturm auf dem Schäferberg, der Empfänger und die Registriereinrichtungen sind im Borsigturm untergebracht. Auf der 8,4 km langen Meßstrecke lag das Empfangssignal bei normalen Verhältnissen 35 dB über der Ansprechgrenze des Empfängers. Dieser Wert konnte zunächst auch über die 21,2 km erreicht werden, ist aber dann im Versuchsbetrieb bis auf ca. 16 dB abgefallen. Das wird zum Teil auf eine sich langsam vermindernde Leistungsabgabe des als Senderöhre dienenden Rückwärtswellen-Oszillators zurückgeführt. Dazu kommen noch verhältnismäßig starke kurzzeitige Schwankungen in der Leistungsabgabe der Röhre, die einige Male zu einem Ausfall der Leistungsregelung im Sender geführt haben. Aus diesen Gründen muß mit einem Ausfall der Senderöhre gerechnet

werden. Eine Ersatzröhre steht nicht zur Verfügung und eine Reparatur der am hiesigen Institut für Hochfrequenztechnik hergestellten Röhre ist frühestens im Februar möglich.

Für die Auswertung der beabsichtigten Messungen wurde mit dem Meteorologischen Institut der Freien Universität vereinbart, daß uns die registrierten meteorologischen Daten von 12 zwischen Sender und Empfänger liegenden Wetterstationen zur Verfügung stehen.

Zu 2.:

Da die Gewinnung meteorologischer Daten in diesem Fall der Niederschlagsintensität und der Tropfenverteilung im Regen, mit den bisher üblichen Verfahren erhebliche Schwierigkeiten bereitet, wurden im Jahr 1965 zwei Meßgeräte entworfen, die besonders im Hinblick auf ihre Handhabung und die Auswertung der Meßergebnisse den Meßproblemen besser gerecht werden. Die Meßgeräte wurden in diesem Jahr fertiggestellt, erprobt und zum Teil weiterentwickelt. Ihr Prinzip wurde schon im letzten Tätigkeitsbericht beschrieben. Zur Bestimmung der Tropfengrößenverteilung im Regen wurden zwei neue Geräte gebaut, deren Empfindlichkeit gegenüber dem ersten Gerät beträchtlich gesteigert wurde. Darüber hinaus wurde die Registriereinrichtung verbessert und die Bedienung vereinfacht. Eines dieser beiden Geräte befindet sich zur Zeit am Meteorologischen Institut der Technischen Hochschule Karlsruhe und wird dort auf seine Wirksamkeit für rein meteorologische Zwecke untersucht. Ein Technischer Bericht ist hierüber in Arbeit.

Zu 3.:

Für den Nachweis von 2 mm-Wellen, die mit Hilfe eines Oberwellengenerators aus der Grundwelle eines Rückwärtswellen-Oszillators erzeugt werden, wurde im Rahmen einer Diplomarbeit eine Anlage zur phasenstarrten Synchronisation zweier

Höchstfrequenz-Generatoren auf eine Zwischenfrequenz von 10 MHz fertiggestellt. Mit ihrer Hilfe soll nach dem Prinzip des Überlagerungsempfängers eine schmalbandige Verstärkung der Empfangsleistung erfolgen. Die Anlage arbeitet zufriedenstellend.

Die Erzeugung einer für Dämpfungsmessungen ausreichenden Sendeleistung im Bereich zwischen 2 und 2,5 mm Wellenlänge bereitet aber noch Schwierigkeiten. Diese entstehen dadurch, daß die bisherigen Versuche mit Hochfrequenzgeneratoren durchgeführt werden mußten, mit denen eine maximale Frequenz von 60 GHz erreichbar ist, deren Leistungsabgabe aber bei dieser Frequenz nur noch gering ist. Mittel zur Anschaffung leistungsstärkerer Röhren zur Erzeugung von Frequenzen um 70 GHz standen im letzten Jahr nicht zur Verfügung.

Abschätzungen zeigen, daß das Arbeiten mit Klystrons, die Frequenzen um 150 GHz direkt erzeugen, heute billiger und erfolgversprechender ist als die Erzeugung dieser Frequenz mit Oberwellengeneratoren. Mittel für den Aufbau einer bei 2 mm-Wellenlänge arbeitenden Radaranlage wurden beantragt. Zusatzgeräte zur Leistungs- und Frequenzregelung für diese Anlage sind z.Z. im Bau.

### H 30 Untersuchung der $H_{01}$ -Welle im kreiszylindrischen Hohlleiter

Die Arbeiten konzentrierten sich auf die Automatisierung der Meßapparatur zur Bestimmung von Wellentypwandlereigenschaften und auf den Neubau eines Resonators für Kreishohlleiterbauteile von 70 mm Durchmesser.

Die erstgenannte Apparatur dient der Bestimmung der vollständigen Streumatrix von Wellentypwandlern und Kreishohlleiterbauteilen mit 8 mm Durchmesser. Das Meßverfahren besteht in der Aufzeichnung des Realteils des Reflexionsfaktors des Meßobjekts durch einen X-Y-Schreiber in Abhängigkeit von der Stellung eines

motorisch bewegten ausgangsseitigen Kurzschlusses für alle Wellentypen. Die gleichzeitige Spektralanalyse der gemessenen Kurve ergibt die Streumatrixelemente. Als Meßobjekte eignen sich alle Zusammenstellungen von Bauelementen mit Rechteckhohlleitereingang und Kreishohlleiterausgang.

Der Meßplatz soll durch den Austausch des bisher verwendeten Klystrons QK 295 gegen eine Rückwärtswellenröhre RWO 60 bei allen interessierenden Frequenzen verwendet werden können. Nach Lieferung des Netzgerätes zur RWO 60 ist eine meßtechnische Untersuchung an Hohlleiterspiegeln geplant. Die notwendigen Spiegel sind bereits fertiggestellt worden.

Durch den Bau eines zweiten Resonatormessplatzes zur Ermittlung der Ausbreitungseigenschaften von Hohlleiterteilen mit weitem Querschnitt besteht nun die Möglichkeit, Bauelemente von 50 und 70 mm Durchmesser zu untersuchen.

Der Resonatormessplatz für 70 mm $\varnothing$ -Hohlleiter wird von einer Rückwärtswellenröhre über einen Kreissektorwandler zu 8 mm Kreisquerschnitt und anschließendem Übergang von 8 auf 70 mm gespeist. Die Resonatoreinkopplung erfolgt durch eine Viellochblende, während mittels einer Abstastvorrichtung an der Resonatorendplatte ausgekoppelt wird. Die Frequenz der Rückwärtswellenröhre wird vom Analogrechner über die zu untersuchenden Resonanzen verschoben, während die Ausgangsspannungen in Suchkreisschaltungen ausgewertet werden.

Der Meßplatz wird zunächst zur Bestimmung der Kopplungsfaktoren der  $H_{01}$ -Welle in dielektrisch beschichteten Hohlleitern verwendet.

Zur Zeit befinden sich folgende Apparaturen im Bau:

- 1) Resonanzwellentypwandler zur Erzeugung der  $H_{02}$ -Welle

- 2) Allmählicher Übergang von der  $H_{10}$ - zu  $H_{02}$ -Welle
- 3) Ein Regler zur Konstanthaltung der Ausgangsleistung von M-Bandsendern

### H 31 Wasserstoff-Maser

An den beiden aufgebauten Wasserstoff-Masern (vgl. vorangegangenen Bericht) wurden systematische Untersuchungen der die Frequenz begrenzenden Einflußgrößen durchgeführt. Eine Abschätzung zeigt, daß die kurzzeitigen Frequenzschwankungen allein durch das Signal-Rauschverhältnis, die langzeitigen durch die Veränderung der Resonatorabstimmung nach Maßgabe des Verhältnisses der Linienbreite des Überganges zur Resonatorlinienbreite bestimmt sind.

Signalleistung und Relaxationsrate wurden untersucht, insbesondere in Abhängigkeit von dem am Resonatorort vorhandenen effektiven Feld, das aus der Überlagerung des stromerregten Polarisationsfeldes resultiert.

Das zusätzlich eingeführte Kompensationsfeld bringt die erstrebte Reduzierung der Relaxationsrate des Überganges bei Feldern  $H < 10^{-2} \text{Oe}$ , allerdings nicht immer eine entsprechende Steigerung der Signalleistung. Es werden bei Kompensationsfeldern, die eine durch das erdmagnetische Restfeld gegebene Größe übersteigen, Majorana-Übergänge im Atomstrahl zwischen magnetischem Separator und Resonatoreingang induziert, welche eine Abnahme der Signalleistung und Amplitudenschwankungen im Gefolge haben. Der Nachweis dieser Übergänge außerhalb des Resonators gelang durch die Messung der rel. Verstärkung auf den verschiedenen Übergangsfrequenzen, wodurch die Besetzung der einzelnen Hyperfeinniveaus erfaßt wird.

Die gemessenen Feldabhängigkeiten der Relaxationsraten lassen sich ebenfalls als Majorana-Übergänge im inhomogenen Resonatorfeld verstehen.

Die Signalleistungskurven zusammen mit denen der Relaxationsraten gestatten, den optimalen Arbeitspunkt des Masers zu finden, der durch die folgenden Daten charakterisiert ist:

Effektive Magnetfeldstärke im Resonator	$\bar{H} = 1,7 \cdot 10^{-3}$ Oe
Maser - Signalleistung (einem Quelldruck $p_{H_2} = 0,23$ Torr entsprechend)	$P_M = 6 \cdot 10^{-13}$ Watt
Gesamtlinienbreite	$\delta\nu_t = 1,0$ Hz
Kompensationsstrom (dem inneren Kompensationsfeld $H_i = 210 \mu$ Oe entsprechend)	$i_{\text{komp}} = 200$ mA

Die Gesamtrelaxationsrate  $\nu_t$  setzt sich additiv aus Anteilen zusammen, die auf die Verweilzeit des H-Atoms im Resonatorfeld ( $\nu_K$ ), auf chemische Reaktion des H-Atoms mit dem Wandbelag ( $\nu_W$ ), auf die Magnetfeld-Inhomogenität ( $\nu_H$ ) und auf die Teilchenkonzentration ( $\nu_{\text{Druck}}$ ) zurückgehen und für den optimalen Arbeitspunkt betragen:

$$\nu_t = \nu_K + \nu_W + \nu_H + \nu_{\text{Druck}}$$

$$0,96 + 0,65 + 0,5 + 1,0 = 3,1 \text{ sec}^{-1}$$

Zur Bestimmung der Relaxationsraten-Anteile wurden die Ergebnisse früher beschriebener Pulsanregungsmethoden durch eine direkte Messung der Gesamtlinienbreite ergänzt (Erfassung des Druckanteils  $\nu_{\text{Druck}}$ ).

Die Messung der kurzzeitigen Schwankungen der Maserfrequenzen gegeneinander geschah durch Überlagerung der mit gemeinsamer Hilfsfrequenz separat abgemischten und danach vervielfachten (25 x) Signalfrequenzen.

Die für die Beobachtungszeiten  $10^{-2} \text{ sec} < t < 10^2 \text{ sec}$  gewonnenen

Meßwerte zeigen, den theoretischen Erwartungen entsprechend, bei Zeiten  $t < 1 \text{ sec}$  eine mit  $t^{-1}$  abnehmende relative Frequenzschwankung. Die kleinsten rel. Frequenzschwankungen von  $2 \times 10^{-13}$  werden bei  $1 \text{ sec} < t < 100 \text{ sec}$  erzielt. In diesem Bereich begrenzt das sich ständig verändernde magnetische Erdfeld die Konstanz.

Die masereigenen Frequenzschwankungen, für die die Theorie ein  $t^{-1/2}$ -Gesetz liefert, werden beim H-Maser nicht beobachtet, sondern sind stets durch das additive Rauschen des Empfängers und die magnetfeldbedingten Schwankungen überdeckt.

Die langzeitigen, temperaturbedingten rel. Frequenzänderungen des Maser II liegen innerhalb von  $\pm 2 \times 10^{-12}$ .

Mit etwa der gleichen Genauigkeit stimmen die unabhängig von einander durch Druckvariation abgestimmten Maser in ihrer Frequenz überein.

Im Maser II steht damit dem Institut ein primäres Frequenznormal zur Verfügung, das ohne Nachabstimmung auch über lange Zeiträume hinweg die Absoluteichung der Quarzuhren mit höchster Genauigkeit bei kurzer Meßzeit (z.B. 1 sec) gestattet.

### H 32 Weltraumforschung-Elektronik

(Ausbreitungsuntersuchungen im Längstwellengebiet)

Die Arbeiten wurden etwas zurückgestellt, da für die geplanten Experimente zunächst der Aufbau der Registriermöglichkeiten am Boden vorangetrieben werden sollte. Nach Fertigstellung der Atmospheric-speilanlagen stehen nunmehr Geräte für eine großräumige Überwachung der Atmospheric-tätigkeit vom Boden aus zur Verfügung, so daß nun eine sinnvolle Kombination von Bodenexperimenten und von Experimenten in Satelliten möglich ist.

Im einzelnen sollen Versuchsaufbauten von Empfangsanordnungen für statistische Atmospheric-Zählungen bei mehreren Frequenzen und Schwellen entwickelt werden; außerdem soll das Autokorrelationsverfahren für die Whistler-Registrierung bei den durch die Verwendung in Satelliten vorgegebenen Bedingungen ebenfalls in Versuchsaufbauten erprobt werden.

Nachdem inzwischen einleitend Bauelemente wie Spulen u.ä. untersucht wurden, sollen jetzt diese Arbeiten vorrangig in Angriff genommen werden.

### H 35 Modulationsverfahren für maximale Übertragungsrate

Im zweiten Berichtsjahr gingen die Arbeiten an solchen Geräten und Baugruppen weiter, die für die Untersuchungen von Modulationsverfahren benötigt werden, jedoch auf dem Markt nicht erhältlich sind.

Dem im Vorjahresbericht erwähnten Prototyp eines Datengenerators im Laboraufbau folgten zwei erweiterte Geräte für spätere Untersuchungen der Übertragungsfehler von Datenübertragungsanlagen. Bei diesen Messungen soll ein Generator als Datenquelle am Sender dienen, während der zweite als synchron laufende Referenzquelle am Empfängerort die Übertragungsfehler erkennbar macht.

Die Generatoren erlauben zwei Betriebsarten:

a.) Betrieb als rückgekoppelte Schieberegister:

Ein beliebiges Wort bis zu 18 bit Länge wird an entsprechenden Schaltern in das Register eingespeichert. Eine von außen zugeführte Taktspannung ruft dieses Wort zyklisch ab.

b.) Betrieb als Quasizufallsgenerator:

Nach Wahl der Wortlänge (3 ... 18 bit) können mehrere modulo 2 addierte Rückführungen so eingestellt werden, daß bei Eingabe einer Taktspannung nacheinander alle möglichen,

unterschiedlichen Bitkombinationen der gewählten Wortlänge auftreten ( $2^3 \dots 2^{18}$  Kombinationen). Jede der Kombinationen tritt bei einem Zyklus genau einmal auf.

Weitere Arbeiten befaßten sich mit der Entwicklung von Baugruppen und Hilfsapparaturen für den Aufbau von Modulations-Demodulationssystemen (Modems). Für den universellen Einsatz in Modems und in Meßaufbauten wurden billige Gleichspannungsdifferenzverstärker (Operationsverstärker) entwickelt und in kleineren Stückzahlen gebaut.

Für einen Phasen- und Dämpfungsmeßplatz mit x-y-Schreiber wurde im Rahmen einer Diplomarbeit ein Frequenz-Spannungswandler und ein Logarithmierer mit einem Dynamikbereich von 80 dB gebaut. An diesem Meßplatz konnte für den Frequenzbereich des Telefoniekabels (0,3 ... 3,3 kHz) ein Allpaß entwickelt werden, der zur Trennung orthogonaler Komponenten des Empfangsspektrums eine Phasendrehung von  $90^\circ$  durchführt. Für den Empfänger einer Datenübertragungsanlage ist ferner ein schneller Multiplizierer mit Feldeffekttransistoren entwickelt.

Abgeschlossen sind die Aufbauarbeiten an dem Sendeteil eines Modems mit umschaltbarer 4- bzw. 8-Phasenumtastung einschließlich Ansteuerlogik. Die einwandfreie Funktion kann allerdings erst geprüft werden, wenn auch der im Bau befindliche Empfänger fertig ist. Dies wird voraussichtlich in 5 bis 6 Monaten der Fall sein, so daß dann erste Übertragungsversuche durchgeführt werden können.

#### M 29 Dauerbrüche an gekrümmten Stäben

An Stäben (z.B. Turbinenschaufeln, Propellerblättern usw.), die zu erzwungenen Schwingungen erregt werden, treten mitunter Dauerbrüche an Stellen auf, wo man sie zunächst nicht erwarten würde. Ausgehend von diesem Sachverhalt wurde das Problem der Spannungsverteilung bei erzwungenen und freien Biege-

schwingungen gerader Stäbe in verschiedenen Arbeiten behandelt.

Bei der vorliegenden Forschungsaufgabe sollen diese Untersuchungen auf die Biegeschwingungen gekrümmter Stäbe ausgedehnt werden. Dabei werden schlanke Stäbe konstanten Querschnitts mit kreisbogenförmiger Achse behandelt, die durch eine harmonische Bewegung der Stabenden zu Biegeschwingungen in der Kreisebene erregt werden.

Im Berichtszeitraum konzentrierten sich die Untersuchungen auf die Berechnung der Biegespannungsverteilung bei einseitig eingespannten Stäben. Mit Hilfe eines Digitalrechners wurde für die drei Grundfälle (Anregung durch reine Radial- bzw. Tangential- bzw. Drehbewegung der Einspannstelle) jeweils die Stelle der höchsten Beanspruchung in Abhängigkeit von der Frequenz berechnet, und zwar für Öffnungswinkel bis  $360^\circ$  und Frequenzen bis zur 6. Eigenfrequenz.

Als Resultat ergab sich, daß bei jeder Anregungsart im allgemeinen in der Nähe einer Eigenfrequenz die größte Beanspruchung an der Einspannstelle liegt. Zwischen je zwei Eigenfrequenzen existieren jedoch Frequenzbereiche, in denen die größte Spannung außerhalb der Einspannung auftritt, und zwar jeweils in der Nähe eines der beiden Stabenden. Während im Bereich kleiner Öffnungswinkel qualitativ ähnliche Verhältnisse wie bei geraden Stäben vorliegen, treten bei großen Öffnungswinkeln, besonders im Bereich der unteren Eigenfrequenzen, beträchtliche Abweichungen davon auf.

Da den genannten Berechnungen die einfache Biegetheorie zugrunde liegt, wurde zur Abgrenzung des Gültigkeitsbereichs dieser Theorie ein Programm für einen Digitalrechner aufgestellt, mit dem die Beanspruchung unter Berücksichtigung von Achsdehnung, Schubverformung und Rotationsträgheit ermittelt werden kann.

Um die Rechenergebnisse experimentell zu überprüfen, wurden

schließlich Dauerschwingversuche mit einseitig eingespannten Stäben von verschiedenen Öffnungswinkeln bei verschiedenen Frequenzen durchgeführt. Hierbei wurden Stäbe aus Grauguß und Hartgips durch harmonische Quer- bzw. Drehbewegung ihrer Einspannung zu Schwingungen erregt. Die Stellen, an denen Dauerbrüche eintraten, stimmten auch mit den berechneten überein.

Die Dauerschwingversuche an Kreisplatten wurden wegen experimenteller Schwierigkeiten abgebrochen.

### M 30: Untersuchung des Drehschwingverhaltens von Föttinger-Kupplungen

Während das stationäre Verhalten von Föttinger-Kupplungen ausreichend bekannt ist, soll in diesem Forschungsvorhaben das instationäre Verhalten untersucht werden. Dazu wird einem konstanten Grundzustand ein harmonisch wechselndes Moment auf der Antriebsseite, auf der Abtriebsseite oder auf beiden Seiten überlagert. Für verschiedene Grundzustände wird dann das Übertragungsverhalten der Kupplung hinsichtlich dieser Wechselmomente experimentell bestimmt. Man erhält damit Kenngrößen für die Schwingungsübertragung dieses komplizierten Strömungssystems und man kann versuchen, mit diesen experimentell ermittelten Werten das Verhalten einer Strömungskupplung bei periodischem instationärem Betrieb theoretisch zu beschreiben.

Für diese Untersuchungen sind der Aufbau eines umfangreichen Prüfstandes und die Entwicklung neuer Meßmethoden nötig.

Im Berichtszeitraum konnte der Aufbau des Prüfstandes abgeschlossen werden. Die selbst hergestellten Drehmomentengeber mußten geeicht und auf ihre Linearität hin überprüft werden. Außerdem wurden die Beschleunigungsgeber so umgebaut, daß sie eine höhere Eigenfrequenz besitzen, damit der Einfluß der Nichtlinearität des Dämpfungsmittels eine untergeordnete Rolle spielt. Durch umfangreiche experimentelle Untersuchungen mußte außerdem ein

geeignetes Dämpfungsmedium gefunden werden. Wie sich dabei herausstellte, zeigten Silikonpasten der BAYER AG die besten Ergebnisse.

Die Auswertung der Meßergebnisse durch elektronische Summierung machte den Ausgleich der Phasenverschiebung der Beschleunigungsgeber erforderlich. Es wurde deshalb eine geeignete elektrische Schaltung entworfen, die diese Phasendrehung bei der Summation berücksichtigt.

M 32 Berechnung biegekritischer Drehzahlen mit Hilfe von Übertragungsmatrizen

Es sollte ein Programm zur Berechnung der biegekritischen Drehzahlen einer beliebig geformten und beliebig gelagerten Maschinenwelle erstellt werden, das möglichst viele in der Praxis häufig vorkommende Spezialfälle berücksichtigt. Als solche sind z.B. zu nennen:

- 1.) Elastische masselose und massebehaftete Lager
- 2.) Lager mit drehzahlabhängiger Federzahl
- 3.) Lager großer Steifigkeit.

Ein wichtiges Anwendungsgebiet sind z.B. Turbinenwellen. Die kritischen Drehzahlen müssen bekannt sein, damit beim Anfahren bzw. beim Betrieb ein Streifen des Läufers am Gehäuse infolge einer solchen kritischen Drehzahl auf jeden Fall vermieden wird.

Als Programmiersprache wurde ALGOL verwendet. Diese problemorientierte Sprache bietet den Vorteil, daß unabhängig vom gerade zur Verfügung stehenden Rechenautomaten die anfallenden Probleme gelöst werden können. Ziel der Arbeit war es, alle Spezialfälle in einem Programm zu vereinen, damit ein ganz allgemeines Rechenprogramm zur Verfügung steht. Dabei waren vor allem die numerischen Unsicherheiten zu beseitigen, die auftreten können, wenn Lager großer Steifigkeit vorhanden sind.

Nach Abschluß der theoretischen Untersuchungen wurde am 29.11.1956 über die Arbeit in einem HHI-Kolloquium berichtet.

Nachdem sich die Zuse Z 23 für die praktische Erprobung des Programms als unzureichend erwiesen hat, sollen die abschließenden Testuntersuchungen auf der neuen ICT 1909-Rechenanlage der TU Berlin durchgeführt werden.

### M 33 Schwingungen von Seilen von Förderkörben und Liften

In der letzten Zeit wurde in der Abteilung Mechanik des HHI Schwingungen von Ketten und Seilen veränderlicher Länge studiert. Eine erste Arbeit darüber wurde von W. STÜHLER geschrieben, die sich mit frei herabhängenden Ketten befaßt, deren Länge mit der Zeit linear veränderlich ist, (Forschungsaufgabe M 31: Rheolineare Schwingungsvorgänge bei schweren Ketten). Zur Behandlung dieser Probleme wurden neue Methoden und Wege ausgebildet, durch die es möglich ist, derartige Schwingungen zu untersuchen.

Ein praktisch besonders wichtiges Problem, das hierher gehört, sind die transversalen Schwingungen von Seilen von Förderkörben und Liften. Es handelt sich dabei wieder um Seile veränderlicher Länge, die jetzt aber nicht frei herabhängen, sondern am unteren Ende geführt sind. Das hat zur Folge, daß sich eine Randbedingung ändert und damit andere Lösungswege beschritten werden müssen.

Das Ziel dieser Forschungsaufgabe ist es, die transversalen Schwingungen von Seilen von Förderkörben systematisch zu untersuchen. Vor allem sollen entsprechende Berechnungsmethoden entwickelt werden, und es sollen die Eigenschaften dieser Schwingungen näher studiert werden. Dabei müssen für das Verlängerungsgesetz geeignete Annahmen getroffen werden.

Ferner sollen die Instabilitäten untersucht werden, die aus der Praxis bekannt sind.

D. Verzeichnis der Technischen Berichte

- Nr. 86 Dr.-Ing. Helmut Hellwig  
"Untersuchung der Frequenzstabilität eines Ammoniakmasers auf der Linie  $J = 3, -K = 2$ "
- Nr. 87 Dr.-Ing. Peter Langner  
"Korrelationsuntersuchungen an Ultrakurzwellen"
- Nr. 88 Dipl.-Ing. Alexander von Meier  
"Schalldämmende Verbundplatten unter Verwendung von Blechen aus Blei und anderen schweren Metallen"
- Nr. 89 Dipl.-Ing. Rolf Evers  
"Messungen teilnehmerabhängiger Zeiten im Fernverkehr"
- Nr. 90 Ing. Günter Heydt  
"Teilanlagen zur Messung von spektralen Amplitudenverteilungen, Amplitudenverhältnissen und Gruppenlaufzeitdifferenzen von Atmospherics"
- Nr. 91 Ing. Fred Schmidt  
"Der Regenanalysator, ein elektronisches Gerät zum Messen und Registrieren der Tropfengröße im Regen"

E. Zeitschriftenveröffentlichungen, Dissertationen, Vorträge, Studien- und Diplomarbeiten, Berichte an DFG usw.

a) Veröffentlichungen

- G. Plenge      Über die Hörbarkeit von Änderungen  
im Frequenzgang der Nachhallzeit,  
Acustica 16 (65/66) Heft 5, S. 269-278
- A. v. Meier      Ein linienhafter akustischer Gruppen-  
strahler mit ausgeglichenen Nebenmaxima,  
P. Zimmermann      Acustica 17 (66), Heft 5, S. 301-309
- H. Hellwig      Untersuchungen der Frequenzgenauigkeit  
des Ammoniakmasers auf der 3-2-Linie,  
Zeitschr. f. Angew. Physik 21 (66) Heft 3,  
S. 250-255
- H. Hellwig      Messung von Frequenzen und Spektren  
im Mikrowellengebiet mit Hilfe des  
Ammoniakmasers,  
Nachrichtentechn. Zeitschrift 19 (66),  
Heft 9, S. 558-562
- G. Heydt      Eine Anlage zur Registrierung von spektra-  
len Amplituden, Amplitudenverhältnissen  
und Dispersionen von Atmosphericis in Ab-  
hängigkeit vom Einfallswinkel,  
Bericht über das Kolloquium "Radiometeorolo-  
gie" in Kleinheubach vom 28.- 30.3.66,  
S. 162
- U. Lammers      Niederschlagsbedingte Dämpfungen bei der  
mm-Wellenausbreitung  
Nachrichtentechn. Zeitschr. 19 (1966),  
Heft 9, S. 551-557
- U. Lammers      Rückstreuungsmessungen an Wassertropfen und  
deren Formeinfluß bei mm-Wellen.  
Nachrichtentechn. Zeitschr. 19 (1966)  
Heft 10, S. 591-593
- U. Lammers      Die Bestimmung der Regenintensität und  
Tropfenverteilung mittels elektronischer  
Verfahren,  
Bericht über das Kolloquium "Radiometeorolo-  
gie" in Kleinheubach vom 28.-30.3.66,  
S. 125

b) Vorträge

- R. Evers                   Further Investigations on the Influence of Push-botton Sets on Error and Dialing-time,  
International Symposium on Human Factors in Telephony, den Haag 7.6.66
- H.D. Höhne                 Urteile über laufzeit- und rauschbehaftete Verbindungen bei verschiedenen telefonisch zu lösenden Aufgaben, Verkehrstheoretisches Kolloquium im Zentrallaboratorium der Siemens AG, München, 18.11.66
- G. Heydt                   Eine Anlage zur Registrierung von spektralen Amplituden, Amplitudenverhältnissen und Dispersionen von Atmospheric in Abhängigkeit vom Einfallswinkel,  
Kolloquium "Radiometeorologie", Kleinheubach, 28.-30.3.66
- U. Lammers                Die Bestimmung der Regenintensität und Tropfenverteilung mittels elektronischer Verfahren,  
Kolloquium "Radiometeorologie", Kleinheubach, 28.-30.3.66

c) Dissertationen

- B. Strebel                 Resonanzverfahren zur Wellentypanalyse im Kreishohlleiter,  
Dissertation an der Technischen Universität Berlin, eingereicht am 2.2.66, genehmigt am 17.10.66

d) Studien- und Diplomarbeiten

- M. Paul                   Studienarbeit Nr. S 45, "Tonhöhenmodell",  
Institut für Technische Akustik
- K. Mäder                   Studienarbeit S. 49, "Schallausbreitung über Flächen mit Bestuhlung"  
Institut für Technische Akustik

- G. Roessler Studienarbeit Nr. S 50, "Messung der Nachhallzeit nach dem Vorschlag von M.R. Schroeder", Institut für Technische Akustik
- F. Euteneuer Studienarbeit Nr. 334, "Vorsatzgerät für Frequenzvergleichsgerät zur Kontrolle der Normalfrequenz (Umstellung der Sendefrequenz von NBA), Institut für Hochfrequenztechnik
- Köhler Studienarbeit Nr. 396, "Störungen durch unsymmetrische Spannungen", Institut für Hochfrequenztechnik
- E. Kienscherf Studienarbeit Nr. 336, "Reflexionsfaktor-Meßgerät, Institut für Hochfrequenztechnik
- Strauch Diplomarbeit Nr. 166, "Frequenz-Spannungswandler, Institut für Hochfrequenztechnik

F. Verzeichnis der Kolloquien

Externe Kolloquien

28. 1. 1966 Dipl.-Psych. Hans Eberhard Zahn, Psych.-Institut der FU Berlin und Herr cand.ing. Reinhard Maltusch, Lehrstuhl für Techn.Akustik der TU Berlin
- Experimentalpsychologische Anwendungsmöglichkeiten und technische Verwirklichung eines Programmier- und Registriergerätes
4. 2. 1966 Dr. Jacob P. Den Hartog, Professor of Mechanical Engineering (Massachusetts Institute of Technology, USA)
- Über statische und dynamische Stabilität mit technischen Beispielen
11. 2. 1966 Dr. von Sanden, Fa. Siemens & Halske AG, München
- Einige Leitprinzipien bei der Konzeption nachrichtentechnischer Anlagen

29. 4. 1966 Dr. rer. nat. E. Krämer (Firma BBC AG,  
Mannheim)  
Einfluß der Lager auf die Schwingungen  
von Wellen
13. 5. 1966 Dipl.-Ing. D.W. von Wulfften Palthe  
(Dozent für Akustik an der Technischen  
Hochschule Delft)  
Theoretische Betrachtungen hinsichtlich  
der Möglichkeiten und Beschränkungen des  
Systems der "assisted resonance"  
(Verhallung durch Resonatoren)
27. 5. 1966 Dr. Joachim Frisius (Heinrich-Hertz-Institut)  
Die Bestimmung von Längstwellenausbreitungs-  
parametern aus Feldstärkemessungen am Erd-  
boden
24. 6. 1966 Dr.-Ing. R. Hannig (Siemens & Halske AG,  
Zentrallaboratorium für Nachrichtentechnik,  
München)  
Mathematische Statistik der Kopplungen im  
Sprechwegenetz von Vermittlungsanlagen
8. 7. 1966 Prof. Dr. Uno Ingard (MIT)  
Some problems in Plasma- and Laser Acoustics
1. 11. 1966 Prof. Dr. phil. nat. Schneider (Institut  
für Regelungstechnik der TU Berlin)  
Über die Regelung von Abtastsystemen bei  
Beschränkung der Stellgröße
8. 11. 1966 Dipl.-Ing. Herbert Stopper (Fa. Telefunken AG,  
Konstanz)  
Übertragungstechnik in schnellen Digital-  
rechnern

22. 11. 1966 Dipl.-Ing. Renner (Institut für Automation,  
AEG, Frankfurt)  
Prozeßanalyse anhand von Übergangsfunktion  
und Frequenzgang
6. 12. 1966 Dipl.-Ing. Robert Gasch (Lehrstuhl für Kon-  
struktionslehre)  
Abschätzung der dynamischen Beanspruchung  
von schwingenden Bauteilen und Gebäudedecken  
durch Schwinggeschwindigkeitsmessungen

Interne Kolloquien

21. 1. 1966 Dr.-Ing. H. Hellwig, Abt. Hochfrequenztechnik  
Der Ammoniakmaser als Oszillator hoher  
Frequenzkonstanz und seine Anwendung
1. 7. 1966 Dipl.-Ing. H. Lazarus, Abt. Akustik  
Selbsterregte Schwingungen der gestrichenen  
Saite
29. 11. 1966 Dipl.-Ing. Kießling, Abt. Mechanik  
Berechnung biegekritischer Drehzahlen durch  
Rechenautomaten (Verfahren der Übertragungs-  
matrizen)
20. 12. 1966 Dipl.-Ing. R. Kürer, Abt. Akustik  
Die akustischen Verhältnisse im Theater  
Epidauros