

DEUTSCHER WETTERDIENST

Seewetteramt

Einzelveröffentlichungen

Nr. 24

DK 551.46.018.9 : 532.59

1.

Über die Entwicklung von Beschleunigungsschreibern
für Seegangsmessungen

DK 551.508 : 53.087.61

2.

Ein einfaches Verfahren
für den kraftschlüssigen Antrieb von Registriertrommeln,
insbesondere zur Verhütung von Schriebstörungen
bei meteorologischen Registrierungen auf Schiffen

von A. Lang
Instrumentenamt Hamburg

Hamburg
1960

EINZELVERÖFFENTLICHUNGEN des Seewetteramtes

	<i>DM</i>		<i>DM</i>
Nr. 1 (1953): Höhe, Länge und Steilheit der Meereswellen im Nordatlantik (H. U. Roll)	3,50	Nr. 13 (1957): Meteorologische Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee (Bundesrepublik) 1953	10,00
Nr. 2 (1952, Nachdruck 1953): Die Nebelverhältnisse der Unterelbe im Jahrzehnt 1939–1948 (G. Hartenstein und H. Markgraf)	2,00	Nr. 14 (1957): Nebel in der Deutschen Bucht A: Das Nebelvorkommen bei den Feuerschiffen (P. Bintig) B: Synoptisch-aerologische Untersuchungen verbreiteter Dauernebel der südlichen Nordsee (H. Markgraf)	3,50
Nr. 3 (1954): Die Nebelverhältnisse im Küstengebiet der Weser- und Emsmündung (P. Bintig und H. Markgraf)	2,00	Nr. 15 (1957): Meteorologische Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee (Bundesrepublik) 1954	10,00
Nr. 4 (1954): Klimatologie der Nordwesteuropäischen Gewässer Teil 1: Temperatur des Oberflächenwassers und Temperatur-Differenz Luft–Wasser (H. J. Bullig und P. Bintig) Teil 2: Windverhältnisse (H. Markgraf und P. Bintig)	7,00	Nr. 16 (1958): Zur Niederschlagsmessung auf See: Ergebnisse von Vergleichsmessungen auf Feuerschiffen und benachbarten Inseln (H. U. Roll)	1,30
Nr. 5 (1954): Atlas der Monatswerte von Wassertemperatur, Wind und Bewölkung auf dem Seeweg Europa–Südamerika (H. J. Bullig)	12,00	Nr. 17 (1958) Statistik der Meereswellen in der Nordsee (O. Petri)	2,50
Nr. 6 (1954): Die Größe der Meereswellen in Abhängigkeit von der Windstärke (H. U. Roll)	5,00	Nr. 18 (1958) Die winderzeugten Meereswellen. Teil I: Beobachtungen des Seeganges und Ermittlung der Windsee aus den Windverhältnissen (H. Walden). Heft 1: Text; Heft 2: Abbildungen	zusammen 12,50
Nr. 7 (1955): Die vorherrschenden Winde auf dem Atlantischen Ozean im Januar und Juli nach Beobachtungen deutscher Schiffe aus dem Zeitraum 1925–1939 (H. Markgraf)	3,50	Nr. 19 (1958): Meteorologische Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee (Bundesrepublik) 1955	10,00
Nr. 8 (1956): Die Meereswellen in der südlichen Nordsee (H. U. Roll)	5,00	Nr. 20 (1959): Statistisch-synoptische Untersuchung über das Verhalten von Tiefdruckgebieten im Bereich von Grönland (H. Walden)	3,60
Nr. 9 (1956): Laderaum-Meteorologie. Vorträge auf der Arbeitstagung am 20. Juni 1956 in Hamburg	3,00	Nr. 21 (1959): Zur Theorie der Verdunstung der natürlichen Erdoberfläche (W. Brogmus)	3,00
Nr. 10 (1956): Klimatologie der Nordwesteuropäischen Gewässer Teil 3: Lufttemperatur, Bewölkung, Niederschlag, Nebel. Tabellen-Anhang zu den Teilen 1 bis 3 (H. Markgraf u. P. Bintig)	12,50	Nr. 22 (1959): Meteorologische Beobachtungen von deutschen Feuerschiffen der Nord- und Ostsee (Bundesrepublik) 1956	10,00
Nr. 11 (1956): Beiträge zur Klimakunde Südwest-Arabiens. Das Klima von Sana. Das Klima von Jemen (C. Rathjens sen., C. Rathjens jun., E. Sاملenski und G. Kerner)	2,50	Nr. 23 (1959): Hamburger Wetterdaten für das Bauwesen (R. Reidat)	2,00
Nr. 12 (1957): Sturmwetterlagen bei Island 1950–1954 (H. O. Mertins)	3,50	Nr. 24 (1960): 1. Über die Entwicklung von Beschleunigungsschreibern für Seegangsmessungen. — 2. Ein einfaches Verfahren für den kraftschlüssigen Antrieb von Registriertrommeln, insbesondere zur Verhütung von Schriebstörungen bei meteorologischen Registrierungen auf Schiffen (A. Lang)	3,00

DEUTSCHER WETTERDIENST

Seewetteramt

Einzelveröffentlichungen

Nr. 24

DK 551.46.018.9 : 532.59

1.

Über die Entwicklung von Beschleunigungsschreibern
für Seegangsmessungen

DK 551.508 : 53.087.61

2.

Ein einfaches Verfahren
für den kraftschlüssigen Antrieb von Registriertrommeln,
insbesondere zur Verhütung von Schriebstörungen
bei meteorologischen Registrierungen auf Schiffen

von A. Lang
Instrumentenamt Hamburg

Wetteramt München
Handbücherei Nr. 3433

Hamburg

1960

Über die Entwicklung von Beschleunigungsschreibern
für Seegangsmessungen

August Lang, Hamburg.

Über die Entwicklung von Beschleunigungsschreibern
für Seegangsmessungen

von A. Lang

Zusammenfassung:

Es wird die Entwicklung von Beschleunigungs-Meßgeräten beschrieben, die für Seegangsmessungen geeignet sind. Während mit den zuerst beschriebenen Geräten nur Maximal- und Minimalhöhe der Wellen bzw. die kennzeichnende Wellenhöhe erfaßt werden konnte, ermöglichen verschiedene weiterentwickelte Beschleunigungs-Meßgeräte die Ermittlung der spektralen Struktur des Seeganges. Mit einem neuen magnetischen Beschleunigungs-Meßsystem wird die für eine elektronische Integration erforderliche Linearität erreicht, die an besonderen Prüf- und Eichgeräten eingestellt und für den erforderlichen Meßbereich geeicht werden kann. Es wird ein Verfahren beschrieben, bei dem die mit dem magnetischen System gewonnenen Meßgrößen der Beschleunigung aus einer Schwarz-Weiß-Filmaufzeichnung lichtoptisch umgewandelt und auf elektronischem Wege integriert werden, so daß man eine statistische Auswertung nach sichtbaren Wellen vornehmen kann. Es hat sich gezeigt, daß die Voraussetzungen für die Untersuchungen der spektralen Struktur des Seeganges damit wesentlich günstiger geworden sind.

1. Einleitung

Durch die Entwicklung neuartiger elektronischer Verfahren haben sich die Beschleunigungs-Meßgeräte in der Meßtechnik zahlreiche neue Anwendungsgebiete erschlossen. Aus amerikanischen Veröffentlichungen ist zu entnehmen, daß z.B. in der Raketentechnik neuerdings Meßverfahren in Gebrauch sind, die es ermöglichen, über elektronische Rechengерäte aus den auf dem Funkwege übertragenen Meßgrößen der Beschleunigung Geschwindigkeit und zurückgelegte Entfernung der Raketen während des Fluges fortlaufend zu überwachen. Die Entwicklungsarbeiten auf diesem Gebiet sind noch nicht abgeschlossen. Die Anforderungen an die Meßgenauigkeit werden mit der ständigen Verbesserung der Steuerungsanlagen zur Erzielung der vorausberechneten Flugbahnen immer größer. Während es bei Raketenmessungen um die Erfassung von Beschleunigungsmeßbereichen in der Größenordnung von Vielfachen der Erdbeschleunigung (g) geht, liegen die durch Wellenbewegung der Meeresoberfläche an einem schwimmenden Körper auftretenden Vertikal-Beschleunigungswerte nur in Größenordnungen bis etwa 1,2 g . Wie die folgende Zusammenstellung zeigt, ist das nachstehend behandelte Beschleunigungsmeßverfahren zur Aufzeichnung der an einem frei ausgelegten Schwimmer durch Wellenbewegung auftretenden Vertikal-Beschleunigungen eine der wenigen Möglichkeiten, die Wellenbewegung der Meeresoberfläche in ihrem kontinuierlichen Verlauf auf freier See meßtechnisch zu erfassen.

Einige angewandte Meßverfahren zur Aufzeichnung der Wellenbewegung der Meeresoberfläche.

<u>Meßprinzip</u>	<u>Art des Meßgerätes</u>
akustisch	Echolot
hydrodynamisch	Schwimmer mit Meßgerät für vertikale Beschleunigung
aerodynamisch	Schwimmer mit variometrischer Luftdruck-Registriereinrichtung
elektronisch	Radargerät

Für die Aufzeichnung der Wellenbewegung der Meeresoberfläche von der Küste aus gibt es noch zahlreiche andere Methoden. Eine ausführliche

Zusammenstellung der Beobachtungs- und Meßmethoden für Meereswellen findet man bei H.U. Roll ¹⁾

Die ersten Versuche, die Höhe der Meereswellen mit Beschleunigungs-Registriergeräten indirekt zu messen, wurden 1949 beim Instrumentenamt des Deutschen Wetterdienstes in Hamburg ²⁾ und etwa gleichzeitig beim Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut in De Bilt aufgenommen.

2. Allgemeine Grundlagen der Beschleunigungsmessung.

Wie am Beispiel der Raketenmessungen erläutert, läßt sich nach der bekannten Beschleunigungsformel

$$b = \frac{dv}{dt} \quad (1)$$

aus jeder Beschleunigungsmessung durch rechnerische oder zeichnerische Integration der zu einem bestimmten Beschleunigungsverlauf gehörige Geschwindigkeits- und Wegverlauf ermitteln.

Da der Seegang als sinusförmige Bewegung der Meeresoberfläche aufgefaßt werden kann, ergeben sich für die elektronische Integration besonders einfache Verhältnisse. Für sinusförmige Bewegungen ist die Beschleunigung

$$b = H \cdot \sin \omega t \quad (2)$$

Die Geschwindigkeit nach einfacher Integration

$$v = \frac{H}{\omega} \cdot \sin (\omega t - 90^\circ) \quad (3)$$

und die Länge des Schwingweges nach doppelter Integration

$$s = \frac{H}{\omega^2} \cdot \sin (\omega t - 180^\circ) \quad (4)$$

Die Amplituden A werden also durch die Integration auf

$$\frac{H}{\omega} \text{ bzw. } \frac{H}{\omega^2}$$

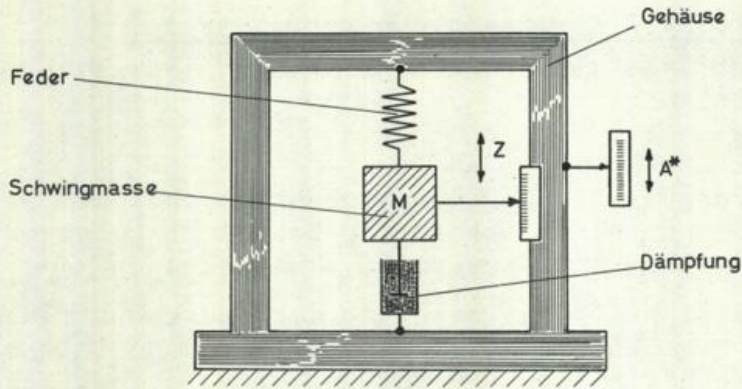
verkleinert und die Phasen um -90° bzw. -180° gedreht. Auf Grund dieser Beziehungen kann aus einem als elektrische Spannung gegebenen Beschleunigungsverlauf auf elektronischem Wege die Geschwindigkeit und der Schwingweg ermittelt werden.

3. Grundlagen für die Berechnung von Beschleunigungsmeßgeräten.

Das Grundprinzip aller Beschleunigungs-Meßgeräte beruht auf dem Beharrungsvermögen einer federnd aufgehängten Masse. Über die Grundlagen für die Berechnung von Schwingmeßgeräten sind zahlreiche Arbeiten erschienen. ^{3) 4) 5)}

-
- 1) H.U. Roll, Oberflächenwellen des Meeres. Handbuch der Physik Bd. XLVIII, Verlag 1957 Springer
 - 2) A. Lang: Ein einfaches Beschleunigungs-Registriergerät für Wellenhöhen-Messungen. Techn. Mitteilungen des Instrumentenwesens des DWD, Nr. 26, Dez. 1953
 - 3) H. Martin: Apparate und Methoden der Bodenseismik, Handb.d.Experimentalphysik XXV 3 Teil 1930, Akad.Verlags-Ges.m.b.H., Leipzig
 - 4) O.Meisser: Grundlagen der seismischen Instrumente Praktische Geophysik 1943
 - 5) R. Schulz: Grundlagen für die Berechnung von Schwing-Meßgeräten und für die Beurteilung ihrer Anzeige - Askania Warte Nr. 43/1953

Es sollen im Folgenden nur die wesentlichen Grundbegriffe angegeben werden.



Aufbau eines Schwingungsmeßsystems

Abb

Für die relative Bewegung zwischen Masse und Gehäuse ergibt sich:

$$\frac{Z}{A} = \frac{M \cdot \omega^2}{C - M\omega^2 + j\omega D} \quad (5)$$

Z = Schwingweg der Masse (M)

A = Schwingweg des Gehäuses

M = Masse des Schwingkörpers

j = imaginäre Einheit

C = Federkonstante

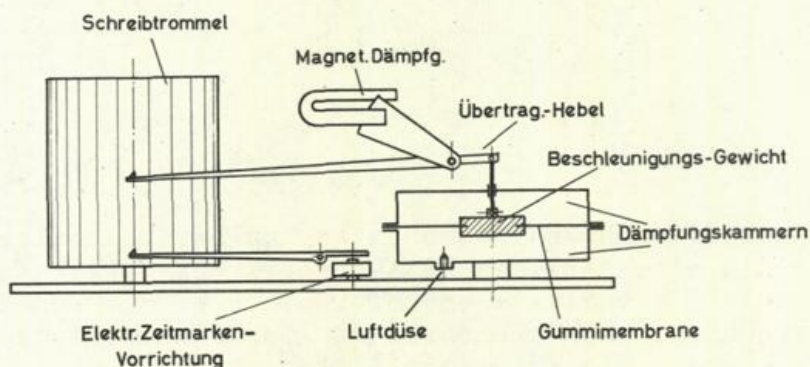
D = Dämpfung

Grundsätzlich erfordert eine niedrige Eigenfrequenz ω_0 eine große Masse und eine weiche Feder. Den Bewegungen, deren Frequenz höher ist als die Eigenfrequenz ω_0 , vermag die Masse infolge ihrer Trägheit nicht zu folgen und sie bleibt daher im Raum stehen. Der Weg zwischen Masse und Gehäuse wird dann durch den Weg des Gehäuses bestimmt. Die Messung von Beschleunigungen erfordert deshalb grundsätzlich hoch abgestimmte Meßsysteme. Da die Empfindlichkeit mit höherer Eigenfrequenz jedoch geringer wird, muß ein den erforderlichen Meßausschlägen entsprechender Kompromißwert gefunden werden. Zur Messung der bei Meereswellen auftretenden niedrigen Frequenzen von etwa 0,1 - 3 Hz wird die Eigenfrequenz des Meßsystems etwa doppelt so hoch gewählt, wie die maximale Meßfrequenz und liegt bei etwa 7 Hz. Die Bewegungen der Masse werden durch das Dämpfungssystem D außerdem geschwindigkeitsproportional gedämpft. Die Registrierung der Beschleunigungs-Meßwerte kann durch mechanische Übertragung der Relativbewegung auf ein Schreibwerk oder durch Umwandlung in ein elektrisches Signal erfolgen, das z.B. direkt für die elektronische Integration benutzt werden kann.

4. Entwicklung und Aufbau einiger Beschleunigungs-Meßgeräte für Seegangsmessungen.

4.1 Rußschreiber (Gerät 1)

Im Rahmen von Untersuchungen der Schiffseinflüsse auf meteorologische Bordgeräte, insbesondere auf die sehr empfindlichen Barographen, war beim Instrumentenamts Hamburg aus einem älteren Höhenschreiber durch Anbringung einer stark gedämpften federnd aufgehängten Masse ein einfaches Beschleunigungs-Meßgerät mit Rußregistrierung entstanden. (Abb.2)

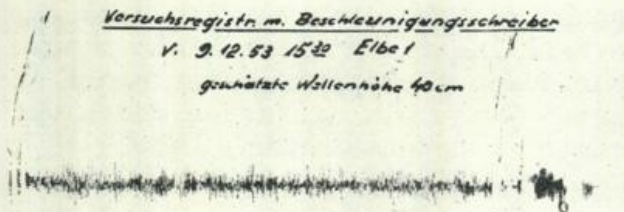


Schema des luft-u.magn.gedämpften
Beschleunigungsschreibers

Gerät 1

Abb.2

Die Schwingmasse hing an einer Gummimembrane, die im Gehäuse gleichzeitig zwei Luftdämpfungskammern abschloß. Außerdem war eine magnetische Dämpfung angebracht. Mit dem Gerät konnten bei mehrfachen Einsätzen auf Feuerschiffen erstmalig Meßgrundlagen über den Einfluß der Vertikalbeschleunigung auf die Barographen-Registrierung gewonnen werden. Durch eine den ermittelten Beschleunigungswerten angepaßte dynamische Auswuchtung der Übertragungselemente und einer zusätzlichen Öldämpfung werden beim jetzt im Deutschen Wetterdienst eingesetzten Schiffsbargraphen die schädlichen Einflüsse der Stampf- und Schlinger-Beschleunigungen auf der Registrierung praktisch vollkommen beseitigt. Mit dem Rußschreiber (Gerät 1) wurden anschließend erste Versuche zur Ermittlung von Seegangshöhen aus der Beschleunigungsmessung durchgeführt. Das Meßgerät wurde dabei in unveränderter Form in einem wasserdichten Gehäuse an einem Rettungsring mit tief liegendem Schwerpunkt montiert und vom Feuerschiff aus an einer etwa 50 m langen Leine den Wellenbewegungen ausgesetzt. Die Meßzeit war durch den Umlauf des Uhrwerks auf 20 Min. begrenzt, entsprechend einem Vorschub von 0,175 mm/sec. Die Abbild.3 zeigt eine vom Feuerschiff "Elbe 1" aus aufgenommene Beschleunigungs-Registrierung.



16 min.

Abb.3

12 min = 1:30
30 P = 100 s
1 P = 3,33 s
Wellenhöhen
Min. 35 cm
Max. 50 cm

Aus den der Registrierung entnommenen Werten der Maximalbeschleunigung läßt sich für ein sinusförmiges Wellenprofil bei vertikaler Beschleunigungskomponente die maximale und minimale bzw. die kennzeichnende Wellenhöhe errechnen, wenn gleichzeitig die Wellenperiode aus der Meßzeit ermittelt wird. Die Wellenamplitude

$$A = \frac{b \max}{\omega^2} = b \max \cdot \frac{T^2}{2\pi^2} \quad (6)$$

wobei

$b \max$ = maximale Beschleunigung in cm/sec^2

T = Schwingungsdauer in sec

und die Wellenhöhe $h = 2 A$ ist.

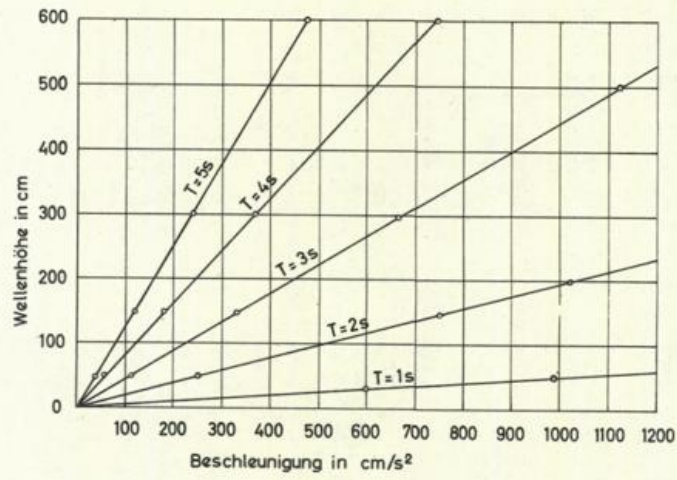
Die graphische Darstellung (Abb.4) zeigt die nach Gleichung (6) errechneten Beschleunigungswerte für verschiedene Wellenhöhen und -Perioden bei sinusförmigem Wellenprofil.

Die aus der Radialbeschleunigung an einem Laufrad ermittelte Beschleunigungs-Eichkurve des Rußschreiber-Gerätes ist in Abb. 5 dargestellt.

Der Zweck der Messungen lag zunächst nur darin, Fehlschätzungen der Windstärken nach dem durch Küsteneinflüsse und Gezeiten beeinträchtigten Seegang in der Elbmündung aufzuklären. Wie eine Betrachtung der Meßgrundlagen des Verfahrens zeigt, wird die Meßgenauigkeit durch folgende Komponenten bestimmt:

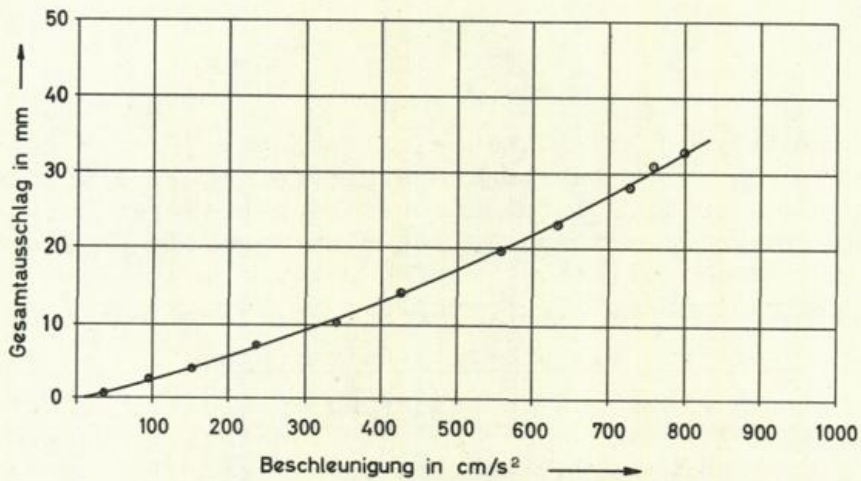
1. Optimale Meßgenauigkeit des Beschleunigungsschreibers.
2. Form und Größe des Schwingkörpers.
3. Einfluß von Tauchschwingungen.
4. Einfluß der Lage des Schwimmkörpers zur Horizontalen.
5. Einfluß der Fesselung.
6. Wellenprofil.

Zur Beurteilung der einzelnen Fehlergrößen und zur Bestimmung von Korrekturfaktoren müssen - wie später erläutert wird - zahlreiche Ver-



Beschleunigungswerte f. verschiedene Wellenhöhen
u. Perioden bei Sinusform der Wellen

Abb.4



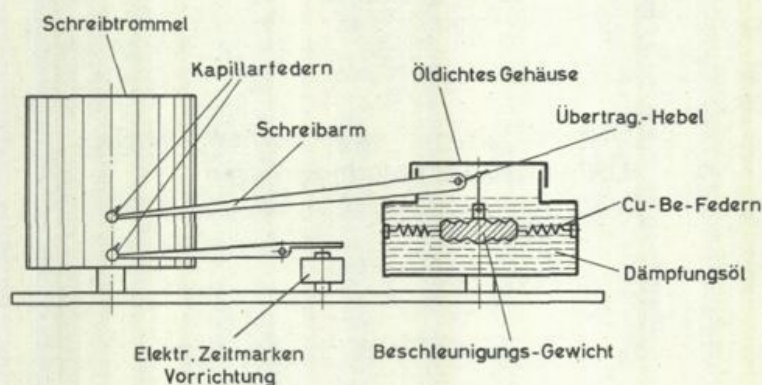
Eichkurve des Beschleunigungsschreibers 1

Abb.5

gleichsmessungen durchgeführt werden. Bei Messungen mit kennzeichnenden Wellenhöhen bis zu etwa 1,2 m wurden im Vergleich mit Wellenhöhen-Schätzungen recht gute Übereinstimmungen erzielt. Infolge der geringen Konstanz der Gummimembrane traten beim Rußschreibergerät erhebliche Nullpunktänderungen der Eichwerte auf, so daß weitere Verbesserungen notwendig wurden.

4.2 Tintenschreiber (Gerät 2)

An einem weiter verbesserten Beschleunigungs-Meßgerät (Abb.6) wurde das mit vergrößerter Oberfläche versehene Beschleunigungsgewicht an waagrecht liegenden Kupfer-Beryllium-Federn in einem



Schema des ölgedämpften Beschleunigungsschreibers

Gerät 2

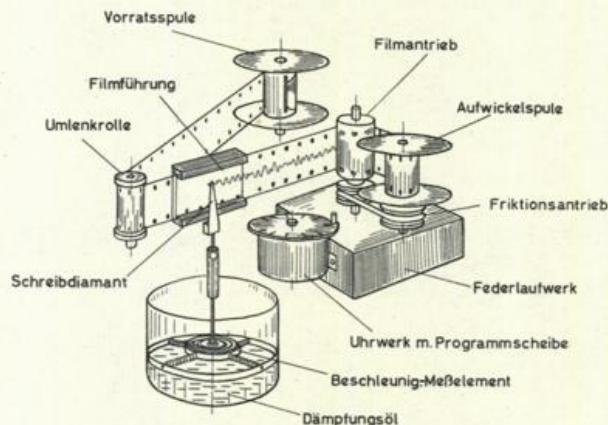
Abb. 6

mit Dämpfungsoil gefüllten Gehäuse aufgehängt. Der umständliche Rußschieb wurde durch Anbringung einer Feinschriebfeder auf Tintenschrieb umgestellt. Infolge wesentlich besserer Eichkonstanz und der Möglichkeit, mit speziellen Dämpfungsoilen höhere Schwingungsfrequenzen auszufiltern, wurden mit dem Gerät 2 bei verschiedenen Einsätzen auf Feuerschiffen bessere Ergebnisse erzielt.

4.3 Mikro-Registriergerät mit Filmritz-Aufzeichnung (Gerät 3).

Zur Durchführung eines vom Seewetteramt des Deutschen Wetterdienstes in Angriff genommenen Forschungsprojektes "Messung des Seeganges, insbesondere seiner spektralen Struktur in der Deutschen Bucht, unter der Verwendung gleichzeitig arbeitender Wellen-Registriergeräte" bestand in der Folgezeit die Möglichkeit, Seegangsmessungen auf breiterer Basis durchzuführen. Die Beschleunigungs-Meßgeräte der bisher gezeigten Bauart 1 und 2 vermittelten zwar die kennzeichnende Wellenhöhe bzw. die maximale und minimale Höhe der Wellen, für die Erfassung des Wellenspektrums mußte aber insbesondere die Registriergeschwindigkeit wesentlich erhöht werden. Auch der Einbau einer Programmschaltung, die eine Aufnahme kurzer Meß-Intervalle über eine Meßzeit von etwa 65 Stunden ermöglichte,

erwies sich als notwendig. Das Gerät 3 (Abb.7) registrierte daher das Beschleunigungs-Diagramm des gesamten Wellenverlaufs mit einem Filmritz-Verfahren, das aus einem Diamantschreiber (nach Robitzsch) beim Instrumentenamt des Deutschen Wetterdienstes in Hamburg entwickelt wurde. Dabei wird ein Schreibdiamant vom Meßsystem mit sehr geringem Schreibdruck über einen mit 80 mm Vorschub/min bewegten unbeschichteten Kinofilm geführt. Die ohne jede mechanische Vergrößerung in Mikroschrift aufgezeichneten Meßwerte der Beschleunigung werden bei der Auswertung durch Projektion vergrößert, wobei die Auswertskalen für Amplitude und Periode mit projiziert werden.



Schema des Beschleunigungs-Meßgerätes m. Mikroregistrierung.
(Film-Ritz-Aufzeichnung) Gerät 3

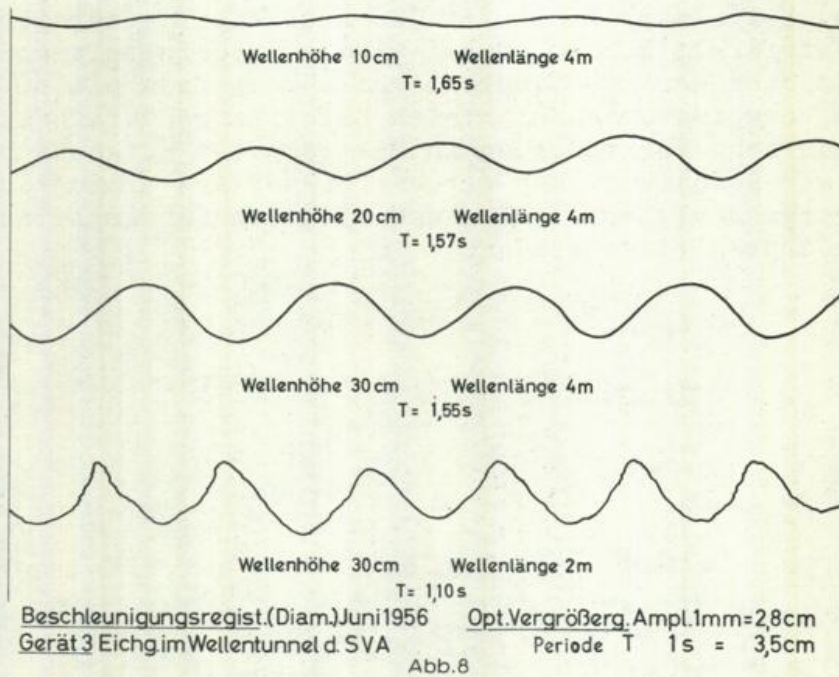
Abb.7

Das Mikro-Registrierverfahren hat in Bezug auf

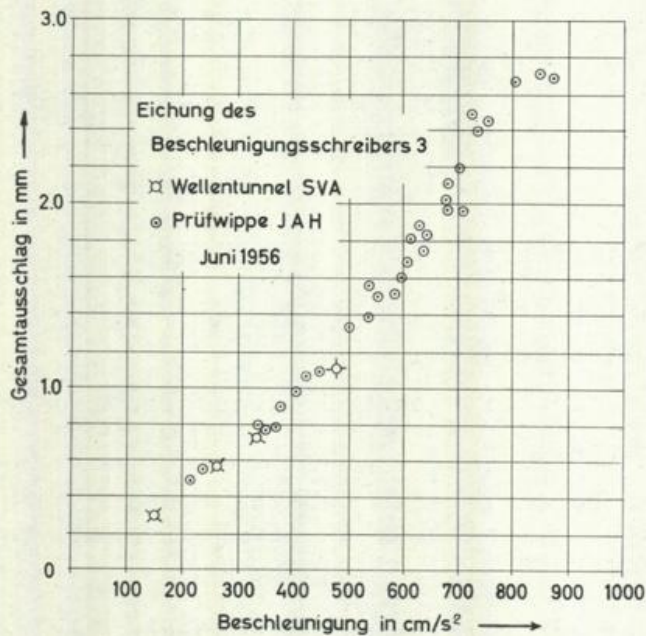
1. Reibungsverluste
2. Einstellträchtigkeit
3. Unempfindlichkeit gegen Drehbeschleunigungen
4. Auswertarbeit

gegenüber den vorher beschriebenen Geräten 1 und 2 erhebliche Vorteile. Das Gerät ist einfacher in der Bedienung, robust und vollkommen seefest aufgebaut.

Abbildung 8 zeigt optisch vergrößerte Eichkurven des Gerätes 3, die im Wellentunnel der Schiffsbauversuchsanstalt Hamburg im Vergleich mit einer Leitfähigkeit-Wellensonde dankenswerterweise aufgenommen werden konnten.



In Abbildung 9 sind die Wellentunnel-Eichwerte zusammen mit den an einer Prüfwippe aufgenommenen Beschleunigungswerten aufgetragen.



Im Winter 1957/58 wurden am Leuchtturm Mellum-Plate in der Wesermündung eine Reihe von Vergleichsmessungen durchgeführt, wobei folgende Geräte verwendet wurden:

1. Mikro-Beschleunigungsschreiber des Instrumentenamtes Hamburg
2. Leitfähigkeits-Wellensonde des Instituts für Schiffbau, Hamburg

3. Echolot-Wellensonde der Firma Dr. Fahrentholz, Kiel
4. Filmen von Meßplatten mit zwei Pathé-Kameras.

Über die Ergebnisse wurde bereits vor der Meteorologischen Gesellschaft in Hamburg mündlich berichtet. 6) 7)

Eine entsprechende Veröffentlichung ist in Vorbereitung. Die Auswertung der Mikro-Registrierungen und die zur Gewinnung des Wellenweges notwendige zweifache Integration mit einem mechanischen Integrator haben sich aber als außerordentlich zeitraubend erwiesen und sind für ein größeres Meßnetz nicht tragbar. So ergibt die optische Vergrößerung der Mikro-Registrierungen z.B. für eine 20 min Messung bereits einen Auswertstreifen von etwa 30 m Länge, der zur Gewinnung der Wellenhöhen anschließend noch zweimal integriert werden muß. Für den weiteren Verlauf des Meßprogramms ergab sich daher zwingend die Notwendigkeit, elektronische Auswert- und Integrationsmethoden anzuwenden, wofür die Beschleunigungs-Registrierung in elektrische Ausgangssignale umgewandelt werden muß.

4.4 Der Seegangsschreiber System S.L.Boersma Delft 8)

Das in Holland vom Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut in De Bilt benutzte Verfahren nach Boersma wurde in Holland in dieser Richtung entwickelt. Aus einem auf einem Schwimmkörper angebrachten Meßkopf werden über ein Kabel die durch die Beschleunigung kapazitiv gesteuerten Signalspannungen einem elektronischen Integrationsgerät zugeführt. Die Schwingmasse ist dabei an Federn isoliert aufgehängt und bildet mit einem fest angebrachten ebenfalls isolierten Plättchen eine Kapazität von etwa 20 pF, die ein Teil der über Kabel angeschlossenen Diskriminatorschaltung ist. Die Schaltung wird mit einer Trägerwelle von 1600 kHz gespeist. Bei auftretenden Beschleunigungen entsteht in der Schaltung eine positive oder negative Gleichspannung, die verstärkt zum Meßkopf zurückgelangt. Sie durchfließt hier eine Spule, die mit der beweglichen Kondensatorplatte fest verbunden ist und in einem starken Magnetfeld hängt. Das in der Spule erzeugte magnetische Feld führt die ausgelenkte Kondensatorplatte nahezu in ihre Null-Lage zurück. Die Starrheit der Aufhängung ist nun sehr groß und wird fast ausschließlich durch die elektro-dynamische Gegenkopplung bestimmt. Bei einer Beschleunigung des Gehäuses soll die bewegliche Masse von 7 g mit beschleunigt werden. Die dazu benötigte Kraft wird praktisch vollkommen durch das elektrodynamische System geliefert, das hierfür einen Spulenstrom von $4 \mu\text{A}/\text{cm}/\text{sec}^2$ benötigt.

Durch die Gegenkopplung ist die Eichkonstante praktisch unabhängig von der Kabellänge und von der Trägerwellen-Amplitude. Sie hängt nur noch ab von der beweglichen Masse, von den Abmessungen der Spule und von der Stärke des Magnetfeldes. Die elektrische Schaltung des Verfahrens ist in Abb. 10 dargestellt.

- 6) Dr. H. Walden: Über Wellenmessungen am Leuchtturm Mellum-Plate. Koll.Met.Ges.Hbg. 20.5.58
- 7) J. Piest: Auswertung und weitere Ergebnisse der Seegangsmessungen am Leuchtturm Mellum-Plate. Koll.Met.Ges.Hbg. 13.1.59
- 8) "A wave recorder for use on a ship in the open sea" Proceedings Symposium on the Behaviour of ships in a seaway, held at Wageningen/Holland 1957, printed 1959

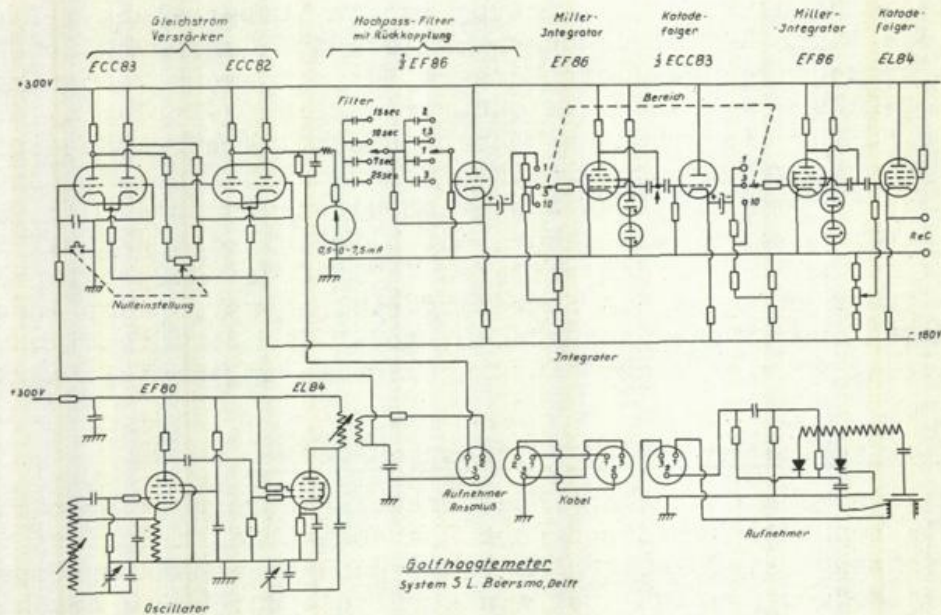


Abb. 10

Die Verstärker-Ausgangsspannung von 45 V/g gelangt über eine Filter-Anordnung in die Miller-Integratoren und wird als Integratorspannung von einem Kompensationsschreiber registriert. Mit den Filtern können Perioden über 4, 7, 10 oder 15 sec abgeschnitten werden. Die ganze Schaltung ist so dimensioniert, daß bei sinusförmigen Bewegungen des Meßkopfes der dynamische Bereich nur durch die maximal zulässige Ausgangs-Amplitude und durch die maximale Beschleunigungs-Amplitude von 0,7 g begrenzt wird.

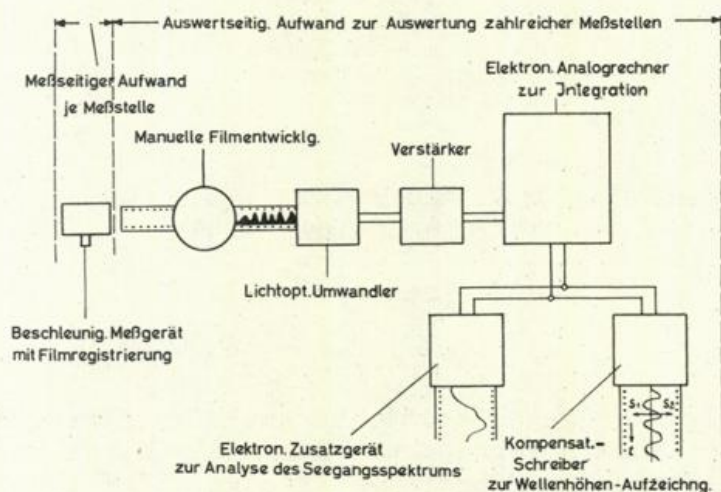
5. Schwarz-Weiß-Film-Seegangsschreiber mit magnetisch aufgehängtem Beschleunigungs-Meßsystem.

5.1 Allgemeine Grundlagen des Verfahrens.

Während bei allen induktiven, piezo-elektrischen und kapazitiven Beschleunigungs-Meßverfahren für jede Meßstelle eine vollständige Aufnahme-Apparatur mit Meßkopf, Verbindungskabel, Verstärker, Filter, Integrationsgerät und Kompensationsschreiber erforderlich ist, soll die neue Ausführungsform unseres Seegangsschreibers gemäß dem erwähnten Forschungs-Projekt einen weiträumigen Einsatz der Geräte ermöglichen. Dafür muß eine größere Anzahl von synoptisch arbeitenden Meßstellen mit sparsamstem Aufwand auf der Meßseite betrieben und der benötigte größere Aufwand für die Integration und für die Analyse des Wellenspektrums nur an einer zentralen Auswertstelle erfolgen. Es geht dabei um das für derartige Meßvorgänge grundsätzlich anzustrebende Prinzip, den kosten- und bedienungsmäßigen Aufwand von der Meßseite auf die Auswertseite zu verlegen, womit erst der Aufbau eines größeren Meßnetzes ermöglicht wird. Die für die Durchführung dieses

Prinzips notwendige Aufspeicherung der Meßwerte im Registriergerät selbst muß daher mit sparsamsten Mitteln erreicht werden.

Bei dem zuletzt entwickelten Beschleunigungsschreiber des Instrumentenamtes Hamburg wurde für die Aufzeichnung der Beschleunigungen, die ein magnetisch aufgehängtes Meßsystem erfährt, eine Schwarz-Weiß-Filmregistrierung gewählt. Dabei befindet sich vor dem ablaufenden Film ein Spalt, der durch die Schwingungen des Meßelementes mehr oder weniger ausgeleuchtet wird. Das Blocksche- ma (Abb.11) zeigt den bei der Filmregistrierung sich ergebenden Ablauf des Verfahrens und den erforderlichen Aufwand auf der Meß- und Auswertseite.



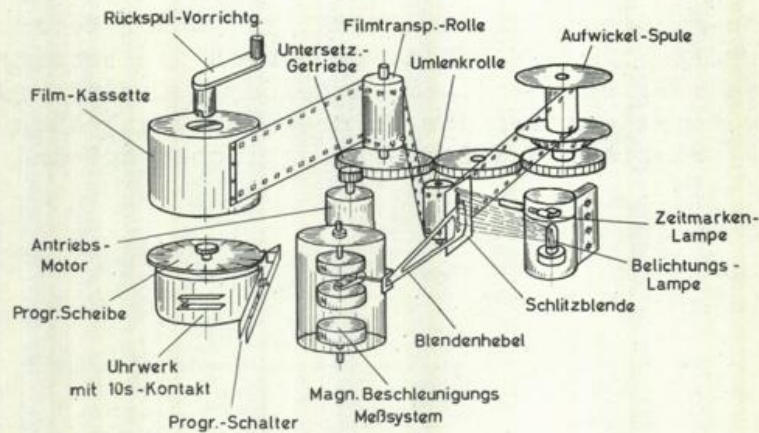
Blockschema für die Gewinnung des Seegangsspektrums
aus der Beschleunigungsmessung m. Filmregistrierung.

Abb.11

Die manuelle Filmentwicklung belastet zwar z.Zt. noch das Verfahren, doch läßt sich dieser Vorgang noch weiter automatisieren. Bei der Konstruktion des Beschleunigungs-Meßelementes für das Schwarz-Weiß-Verfahren wurden neue Wege beschritten. Die Eichung der bisher verwendeten Meßelemente mit der üblichen Federaufhängung der Schwingmasse hatte zum Teil erhebliche Streuungen der Eichwerte ergeben (s.Abb.9). Die Ursachen der Abweichungen sind:

1. Reibungsfehler an der Federaufhängung.
2. Einstreuung von Horizontal-Beschleunigungseffekten.
3. Ermüdungserscheinungen an den Federn.

Infolge der niedrigen Eigenfrequenz des Meßsystems (7 Hz) ergeben die verwendeten Kupfer-Beryllium-Federn außerdem keine vollkommen linear laufenden Eichkurven, wie sie für eine elektronische Integration unumgänglich sind. Das Beschleunigungs-Meßsystem mit magnetisch aufgehängter Schwingmasse (Abb.12) vermeidet die unter 1 und 3 aufgeführten Fehler und ergibt durch Anwendung später erwähnter Kunstgriffe vollkommen lineare Meßausschläge. Die unter 2 genannten Fehler werden in dem nachstehend beschriebenen Meß-



Schema des Seegangs-Beschleunigungsschreibers mit Filmregistrierung. (Gerät 4)

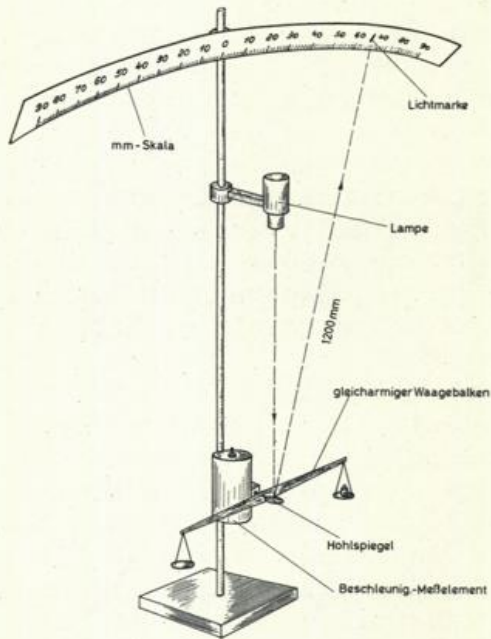
Abb. 12

element infolge des gegen seitliche Auslenkung gesicherten Schwemagneten vollkommen vermieden. Durch die nicht horizontale Lage des Beschleunigungs-Meßgerätes infolge von Kippbewegungen des Schwimmkörpers wird beim Meßvorgang allerdings die vertikale Komponente um einen der Winkelabweichung entsprechenden Betrag abgewandelt und registriert. Durch die bereits erwähnten Vergleichsmessungen soll aber eine Berücksichtigung der entsprechenden Fehler bei der Auswertung erreicht werden.

5.2 Aufbau des Beschleunigungs-Meßsystems mit magnetisch aufgehängter Schwingmasse.

Das Meßelement (s. Abb. 12) besteht in seinem Aufbau aus zwei fest eingestellten Magneten und einem mittels Drehachse gegen Felddrehung gesicherten Schwemagneten, deren gleichnamige Pole einander gegenüber stehen. Der Schwemagnet als schwingende Masse (15 g) hängt damit in einer magnetischen Feder, deren Federkraft in dem ausgenutzten Beschleunigungs-Meßbereich von 0,01 bis 1,2 g bei entsprechender Einstellung der magnetischen Feder vollkommen linear und konstant ist. Die mit Silikonöl vorgenommene Dämpfung der Schwingmasse hat keinen Einfluß auf die Linearität der Meßausschläge. Eine fest mit der Drehachse verbundene Hebelblende überträgt die Ausschläge des Schwemagneten mit etwa dreifacher Hebelvergrößerung in den Lichtweg der Schlitzblende, so daß bei auftretenden Beschleunigungen der relative Weg der Masse des Schwemagneten gegenüber dem Gehäuse als Verlängerung oder Verkürzung des Blendenschlitzes aus der Null-Lage des Schwemagneten auf den Film übertragen wird.

Die mathematische Behandlung der Funktion des Schwemagneten ergibt infolge der durch sein Eigengewicht bedingten ungleichen Abstände und der dadurch veränderten quadratischen Funktion einen



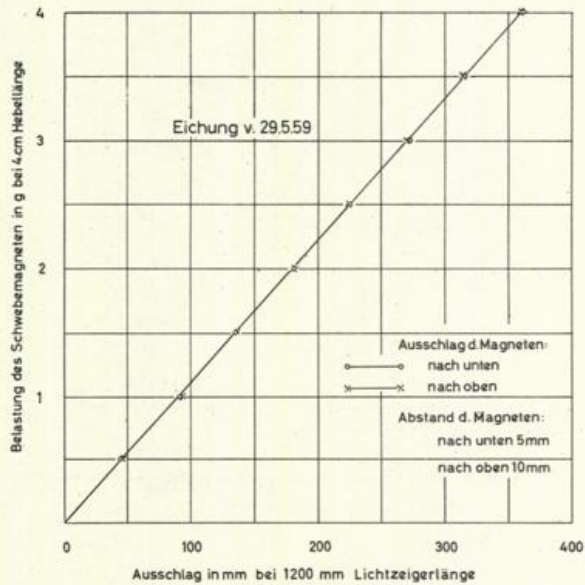
Schema des Einstellgerätes für Beschleunig-Meßelemente

Abb. 13

nichtlinearen Verlauf der beiden Amplituden-Komponenten, allerdings ohne Berücksichtigung einer Drehung des Magnetfeldes, wofür eine vollkommene mathematische Entwicklung noch nicht möglich war. An einem für empirische Versuche erstellten Einstellgerät (Abb. 13) mit optischer Vergrößerung der Meßausschläge konnte aber durch umfangreiche Messungen eindeutig nachgewiesen werden, daß durch den Kunstgriff des Drehens der magnetischen Felder des oberen bzw. unteren Magneten des Systems eine vollkommene Linearität in dem benutzten Meßbereich von 10 bis 1200 cm/s^2 erreicht wird.

Abb.14 zeigt das Beispiel einer Eichung des magnetischen Meßelementes mit Präzisionsgewichten bei 50facher optischer Vergrößerung. Die Abweichungen

der Linearität betragen nach einer Fehlerberechnung weniger als $\pm 0,25\%$.



Beschleunigungs-Meßelement mit magn. Feder

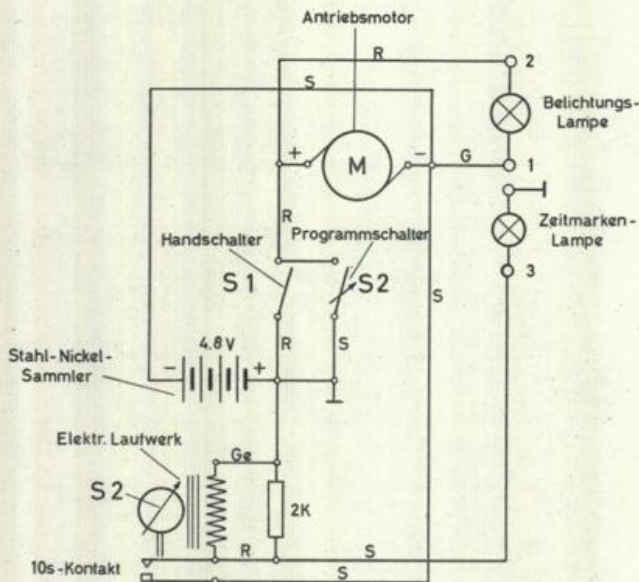
Abb. 14

5.3 Aufbau der Schwarz-Weiß-Film-Registrierkassette.

Die Arbeitsweise des gesamten Gerätes ist aus der schematischen Darstellung Abb.12 ersichtlich.

Der unbelichtete 35 mm-Positiv-Film befindet sich in einer lichtdichten Kassette. Die von einem geregelten Gleichstrommotor angetriebene Filmtransportrolle zieht den Film mit konstantem Vorschub von 240 mm/min über die Umlenkrolle an der Schlitzblende vorbei. Der belichtete Film gelangt mittels Zahnradübertragung auf die Aufwickelspule. Das Beschleunigungsmeßelement steuert einen Blendenhebel, der die vor dem Film liegende Schlitzblende entsprechend seiner Momentanstellung mehr oder weniger freigibt. Eine Lampe beleuchtet bei diesem Vorgang dauernd den Blenden-schlitz. Eine getrennt angebrachte Zeitmarkenlampe erhält von dem elektrisch angetriebenen Uhrwerk alle 10 sec einen Impuls, der am Filmrand über eine Lochblende abgebildet wird und die Ablaufkontrolle für den Film ermöglicht. Das Uhrwerk steuert gleichzeitig den Ablauf der auswechselbaren Programmscheibe, die mit einer Vorgabezeit bis zu 12 Std. die gewählten Meßzeiten schaltet. Das Gerät nimmt bis zu 10 m Film auf und kann bei dem Vorschub von 240 mm/min über eine Gesamtmeßzeit von 40 min betrieben werden. Der Film wird nach dem Ablauf mit der Rückspul-einrichtung in die Kassette zurückgespult und kann bei Tageslicht entnommen werden. Die Entwicklung erfolgt in harter Gra-dation mit üblichen Mitteln in einer Entwicklerdose für 10 m Filmlänge.

Abb.15 zeigt die elek-trische Schaltung des Gerätes.



Der für den Betrieb des Gerätes benötigte Stahl-Nickel-Sammler (4,8 V) ist mit im Ge-häuse eingebaut und reicht für eine mehr-stündige Registrie-rung.

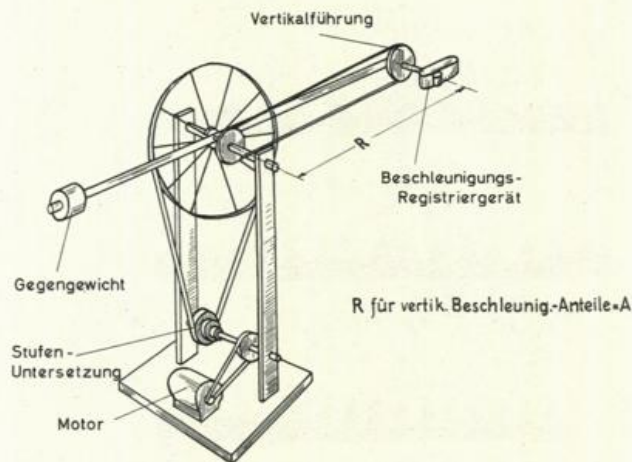
Die Aufladung der Bat-terie erfolgt über einen Kleingleich-richter.

Schaltung des Beschleunigungsschreibers
mit Filmregistrierung_ Gerät 4

Abb. 15

6. Die Eichung von Beschleunigungs-Meßgeräten.

Für die Eichung von Beschleunigungs-Meßgeräten ist eine sogen. russische Schaukel besonders geeignet. Die Anregung zu dem in Abb.16 schematisch dargestellten Gerät erhielt der Verfasser im Koninklijk Nederl. Met. Instituut in De Bilt.



Eichanlage für Beschleunigungs-Registr.-Geräte

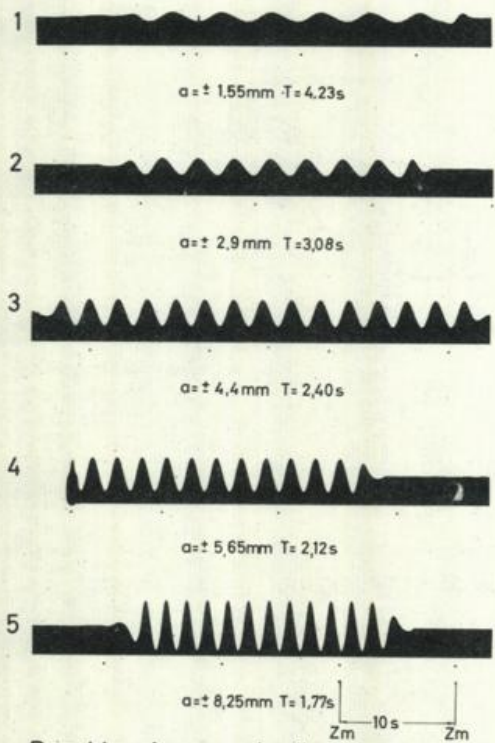
Abb.16

Die dort in Benutzung befindliche Anordnung wurde durch ein Stufengetriebe mit Synchronantrieb und eine Parallelführung an der Geräteaufhängung vom IAH noch weiter vervollkommen. Nach den bisherigen Erfahrungen müssen an ein Eichgerät für Beschleunigungs-Meßgeräte folgende Anforderungen gestellt werden:

- 1) Ideale Kreisbahn des Aufhängungspunktes für das Meßgerät.
- 2) Konstante Drehgeschwindigkeit in jeder Eichstufe.
- 3) Zentrierung des Meßelementes auf den Drehpunkt der Aufhängung.
- 4) Senkrecht orientierte Beschleunigungs-Achse für jeden Punkt der beschriebenen Kreisbahn.
- 5) Dynamische Auswuchtung des Eichgerätes für jeden einstellbaren Drehkreis-Durchmesser.

Mit dem Beschleunigungs-Eichgerät in seiner jetzigen Ausführungsform werden Eichgenauigkeiten von $\pm 0,5\%$ erreicht.

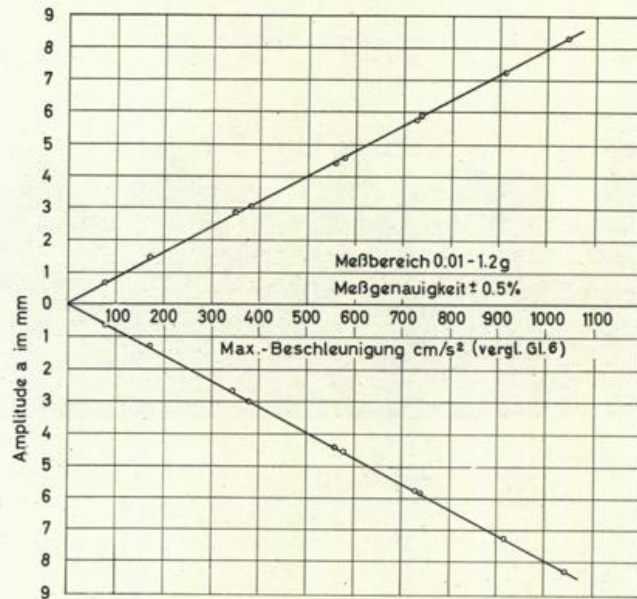
Abb. 17 zeigt Original-Eichaufnahmen für verschiedene Beschleunigungswerte bei Sinuswellen von 1,65 m Höhe.



Beschleunigungsschreiber Eichaufnahmen
Gerät 4 A = 825 cm 7.4.59

Abb.17

Die Auswertung der Registrierungen erfolgt durch direkte mikrometrische Ausmessung oder durch Ausmessen der über den nachstehend beschriebenen lichtoptischen Umwandler auf einem Kompensationsschreiber 5fach vergrößerten Eichaufnahme.



Eichung des Beschleunigungsschreibers 4
A=82.5 cm (74.59)

Abb. 18

In Abb. 18 sind die Beschleunigungs-Eichwerte eines Meßelementes mit magnetischer Aufhängung der Schwingmasse in Abhängigkeit von der Blenden-Amplitude in mm für A = 82,5 cm aufgetragen.

Abb.19 zeigt den Ausschnitt einer Original-Registrierung mit etwa 60 cm hohen Wellen.

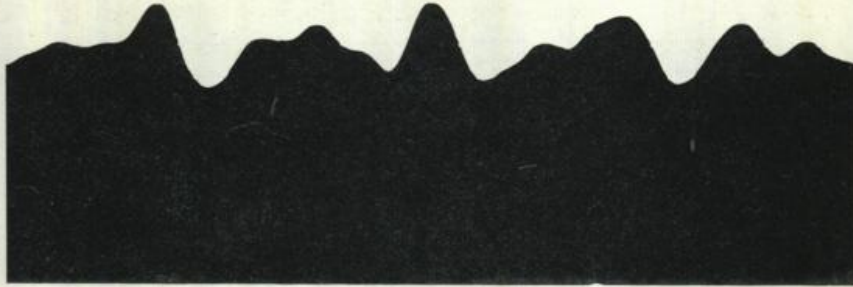
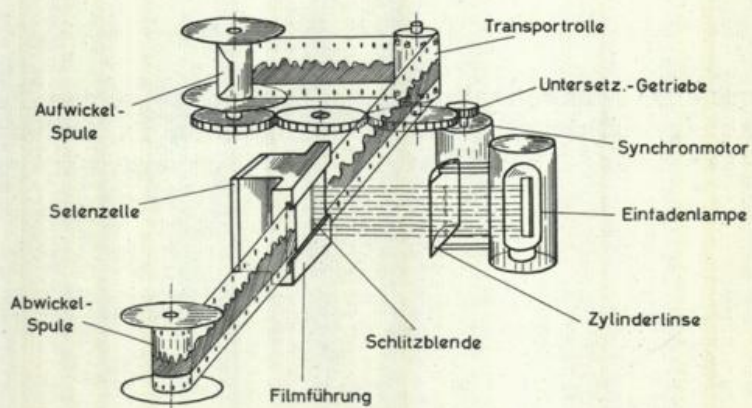


Abb.19

7. Der lichtoptische Umwandler

Wie aus Blockschaltbild (Abb.11) hervorgeht, durchläuft der entwickelte Film zunächst den lichtoptischen Umwandler, der die Schwarz-Weiß-Film-Registrierung in elektr. Signalspannungen umwandelt (Abb.20)



Schema des lichtopt. Umwändlers

Abb.20

Seine Laufgeschwindigkeit wurde zur Erleichterung der Umrechnung von Testwerten gleich der Meßgeschwindigkeit gewählt, sie beträgt 240 mm/min. Die im Brennpunkt der Zylinderlinse befindliche Schlitzblende ist auf 0,15 - 0,2 mm Breite einstellbar. Bei maximaler Ausleuchtung und voller Öffnung gibt die Selen-Sperrschichtzelle bei 5 k Ω Eingangswiderstand und Vollausschlag ca. 5 μ A an den Verstärker des Analog-Rechners ab.

Für Kontrollmessungen zur Überprüfung der Amplitudenhöhe und der linearen Wiedergabe werden vor jeder Auswertung Test-Filmstreifen mit bekannten Eingangswerten in den Analog-Rechner gegeben.

Bisher wurde die Integration von Seegangs-Beschleunigungsmessungen, insbesondere von den bei Mellum-Plate vorgenommenen Messungen, versuchsweise mit einem Integrationsgerät des Koninklijk Nederl. Met. Instituut in De Bilt und mit einem amerikanischen Analog-Rechner der Firma Donner durchgeführt.

8 Ergebnisse und Ausblick.

Die ersten im Frühjahr 1959 bei Mellum-Plate mit dem Beschleunigungsmeßgerät 4 mit magnetischem Meßelement und Schwarz-Weiß-Film-Registrierung gewonnenen Versuchsergebnisse, über die nach vollständiger Auswertung noch berichtet wird, lassen bereits erkennen, daß das beschriebene Gerät 4 für die Messung der Struktur des Seeganges geeignet ist. Mit dem beschriebenen Beschleunigungs-Registrierverfahren wird nach anschließender lichtelektrischer Umwandlung und nachfolgender elektronischer Integration der Umfang der Auswerte-Arbeiten wesentlich herabgesetzt. Mit einem noch in der Entwicklung befindlichen Analysen-Zusatzgerät wird in absehbarer Zeit auch die angestrebte elektronische Analyse der Wellenhöhenaufzeichnung möglich sein, an der auch in Holland, England, USA und anderen Ländern zur Zeit noch gearbeitet wird.

Ein einfaches Verfahren für den kraftschlüssigen
Antrieb von Registriertrommeln, insbesondere
zur Verhütung von Schriebstörungen bei
meteorologischen Registrierungen auf Schiffen.

August Lang, Hamburg.

Ein einfaches Verfahren für den kraftschlüssigen Antrieb von Registrierertrommeln, insbesondere zur Verhütung von Schriebstörungen bei meteorologischen Registrierungen auf Schiffen

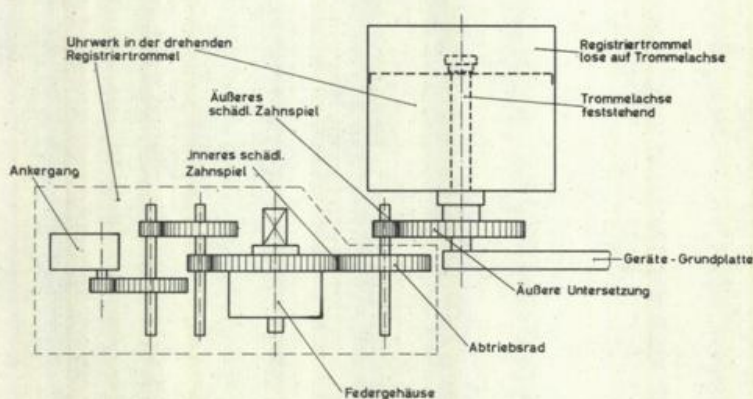
von August L a n g , Hamburg

Zusammenfassung.

In einer allgemeinen Darstellung wird zunächst gezeigt, wie an den meteorologischen Geräten das schädliche Trommelspiel entsteht und welche Maßnahmen bei der Bedienung und im Aufbau der Antriebe getroffen werden müssen, um den angestrebten Kraftschluß zwischen Uhrwerk und Registrierertrommel zu erreichen. Die Vor- und Nachteile der bekannten Uhrwerktypen in dieser Richtung werden verglichen. Einige beim Instrumentenamt Hamburg entwickelte Kraftschluß-Einrichtungen, die nachträglich an jedem Gerät angebracht werden können, werden beschrieben.

1. Allgemeiner Überblick

An den für meteorologische Geräte üblichen Registrierertrommeln mit feststehender Trommelachse tritt infolge des unvermeidlichen Spiels an den Zahnrädern des Uhrwerkes und der Untersetzung ein mehr oder weniger großer "Toter Gang" auf. In der Praxis wird das für den zeitgerechten Ablauf der Registrierung sehr nachteilige Trommelspiel beim Streifenwechsel durch leichtes Drehen der Trommel entgegen der Bewegungsrichtung ausgeglichen und tritt dann, sofern das Gerät nicht bewegt wird, in der laufenden Registrierung



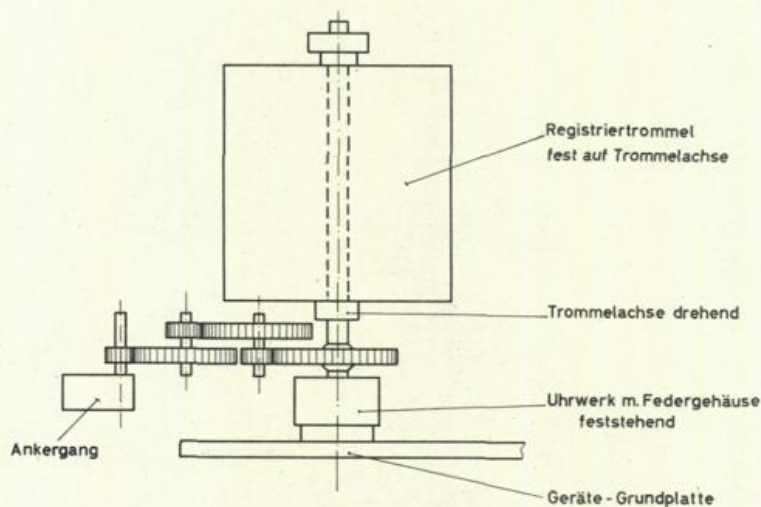
Schemat. Beispiel einer Registrierertrommel mit feststehender Achse

Abb.1

nicht in Erscheinung. Sind die Geräte jedoch Schiffsbewegungen (wie z.B. die Barographen auf den Feuerschiffen und Fischerei-

schutzbooten), Windeinflüssen oder anderen Erschütterungen ausgesetzt, so werden durch das freie Spiel der Trommel stets Störungen des Schriebes hervorgerufen und damit eine zeitlich exakte Auswertung der Registrierungen sehr erschwert oder u.U. unmöglich gemacht.

Abb.1 zeigt schematisch die Übertragung der Drehbewegung an einer Registriertrommel mit feststehender Achse, wobei das Zahnspiel am inneren Abtriebsrad und das äußere Zahnspiel an der Untersetzung wirksam werden. Zur grundsätzlichen Beseitigung des so entstehenden Trommelspiels wurden bereits zahlreiche konstruktive Maßnahmen erprobt, ohne daß bisher zufriedenstellende Erfolge erzielt werden konnten. An Registriertrommeln mit sogenannten kraftschlüssigen



Schemat. Beispiel eines kraftschlüssigen Uhrwerkes

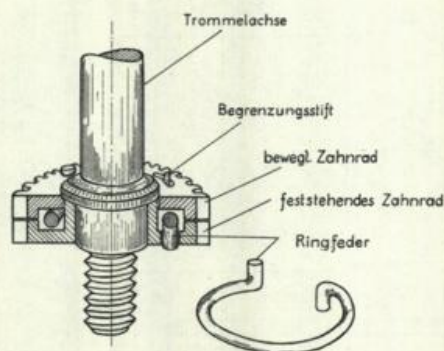
Abb. 2

Uhrwerken (Abb.2) ist dagegen die Zugfeder direkt mit der Trommelachse gekuppelt, so daß an derartigen Werken kein Trommelspiel entstehen kann.

Die zwischen den Plättchen des kraftschlüssigen Uhrwerkes gelagerte lange Trommelachse ist aber gegen Drehung und Biegung äußerst empfindlich. Im praktischen Gebrauch treten bei dieser Bauart daher häufig Gangstörungen auf. Außerdem ist der Federaufzug derartiger Werke nur über die umlaufende Trommel oder über einen außen angreifenden besonderen Aufzugmechanismus möglich, womit auch der Einbau und das Auswechseln sehr erschwert wird. Trotz zahlreicher Versuche haben sich die kraftschlüssigen Uhrwerke an den meteorologischen Standardgeräten nicht allgemein durchgesetzt. Der Registriertrommeltyp mit feststehender Trommelachse konnte bisher nicht durch andere Konstruktionen ersetzt werden. Einfacher Aufbau, zentrale Befestigung der vom Uhrwerk getrennten Trommelachse, also mit der Trommel austauschbares Uhrwerk, sowie der ständige Wunsch der meteorologischen Dienste nach einer einheitlichen, robusten Aus-

führung haben zu einer weiten Verbreitung der Registriertrommel mit eingebautem Uhrwerk und getrennter feststehender Trommelachse geführt. Ein weiterer beachtlicher Vorteil des Werkes ist die von den Herstellern stets angestrebte Möglichkeit, das gleiche Uhrwerk durch Austausch weniger Untersetzungsräder im Uhrwerk selbst oder an der äußeren Untersetzung für 1-, 2-, 4- oder 7-tägigen Umlauf zu verwenden. Nachteilig ist nur das erhebliche sogenannte "freie Trommelspiel".

Beim 2-, 4- und 7-tägigen Umlauf wurde eine teilweise Aufhebung des schädlichen Zahnspiels durch die Anwendung spielfreier Zahneingriffe erreicht, wobei jedoch bisher nur das Zahnspiel im letzten Radpaar, also in der äußeren Untersetzung erfaßt werden konnte.



Spielfreies Zahnrad mit selbsttätigem Eingriff
für normale Registriertrommeln

Abb 3

Wie aus Abb. 3 ersichtlich, ist das feststehende Zahnrad an der Trommelachse zweiteilig ausgeführt. Der untere Teil des Zahnrades mit angedrehter Lagerbuchse ist über die Trommelachse fest mit der Grundplatte des Gerätes verbunden. Das obere Zahnrad dreht sich auf der Lagerbuchse des unteren Rades und ist gegen Ablaufen durch den Flansch der Trommelachse gesichert. Beide Zahnradteile sind mit einander zugekehrten Nuten versehen, so daß eine kräftige Ringfeder untergebracht werden kann. Mit ihren umgebogenen Enden greift die Feder in entsprechende Bohrungen beider Zahnradteile ein. Ein Begrenzungsstift am unteren Zahnrad liegt so in einer Aussparung des oberen Rades, daß bei gespannter Ringfeder etwa die Hälfte der Zahnücke der einen Radhälfte über dem Zahn der zweiten Radhälfte liegt. Das Antriebsrad an der Trommel ist etwas schräg angedreht und gleitet beim Aufsetzen der Registriertrommel unter gleichzeitiger selbständiger Herstellung des federnden Zahneingriffes auf das feststehende Rad. Der "Tote Gang" der äußeren Untersetzung ist so mit geringem Aufwand vollständig ausgeschaltet und die Einrichtung kann nachträglich an jedem Gerät angebracht werden.

Trotz der guten Erfahrungen des Instrumentenamtes Hamburg mit derartigen Einrichtungen bestand weiter der Wunsch, auch das innere Zahnspiel zu erfassen und einen vollständigen Kraftschluß, d.h. eine vollkommen spielfreie Übertragung der Trommeldrehung durch eine einfache Zusatzeinrichtung herzustellen. Während einer laderaummeteorologischen Forschungsfahrt nach Westafrika im Sommer 1955 wurde erstmals an einem den Schiffseinflüssen stark ausgesetzten Aktinographen versucht, das Trommelspiel mittels einer außen angreifenden Bremsfeder zu beseitigen. Das Uhrwerk ist jedoch der dabei auftretenden erhöhten Belastung nicht gewachsen, so daß sich die Forderung ergab, das freie Spiel durch eine Zugfeder im Drehsinn der Trommel auszugleichen. So entstand eine Konstruktion, bei der anstelle einer Bremsfeder eine zusätzliche Zugfeder so angeordnet ist, daß der schädliche "Tote Gang" im ganzen Übersetzungssystem (Uhrwerk - Übertragungsräder - Trommel) in Richtung der Trommeldrehung vollständig aufgehoben wird.

2. Aufbau und Arbeitsweise der Kraftschluß-Einrichtung

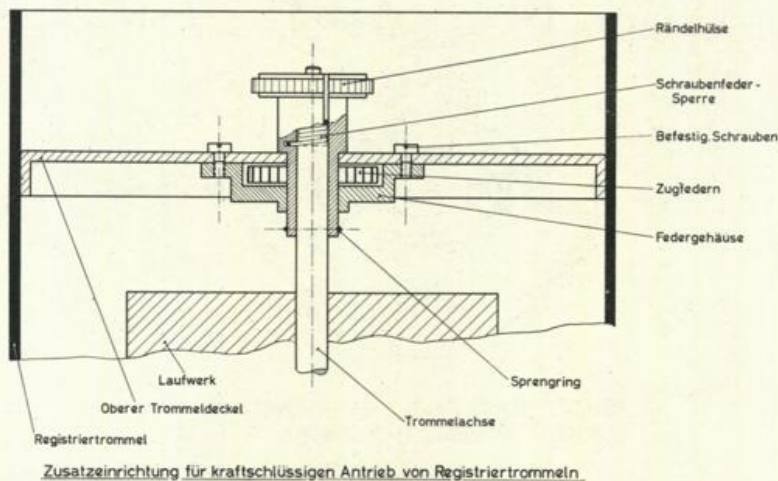
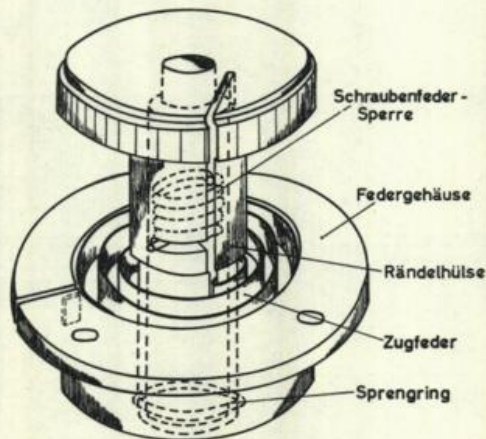


Abb. 4

Im oberen Deckel der Registriertrommel ist an der Unterseite ein Federgehäuse angeschraubt, in dem eine etwa 600 mm lange, schwache Zugfeder angebracht ist. Der zugehörige Aufzugskern mit Halteschlitz für das innere Federende ist unten im Federgehäuse und oben im Trommeldeckel gelagert. Mit einer Innenbohrung versehen, hat er die Form einer Hülse, die im oberen Teil mit einem Rändelknopf versehen ist. Der Rändelknopf entspricht in seiner Funktion der üblichen Rändelmutter an der Trommelachse. Unterhalb des Federgehäuses ist die Hülse durch einen Sprengring gesichert. Beim Aufschrauben der Rändelhülse auf die Trommelachse wird gleichzeitig die Zugfeder gespannt. Es ist nicht zu vermeiden, daß das Drehen schrittweise erfolgt. Infolgedessen führt die Hülse jedesmal beim Loslassen eine unerwünschte Rückdrehbewegung aus. In der

Rändelhülse ist deshalb eine Schraubenfeder-Sperre angebracht, die gleichzeitig die notwendige Gewindefunktion zum Aufschrauben auf den Gewindeansatz der Trommelachse übernimmt.

Die Aufhebung der automatischen Sperrung wird erreicht durch Rückdrehen des abgebogenen unteren Endes der Schraubenfeder in einem entsprechend angeordneten Schlitz der Hülse. Wenn die Trommel beim Streifenwechsel herausgenommen werden soll, so wird die Rändelhülse unter gleichzeitigem Halten im rechten Anschlag leicht nach oben gezogen, wobei die Registriertrommel angehoben wird. Die Sperrung ist jetzt aufgehoben und die Rändelhülse kann mit 4-5 Linksdrehungen gelöst und zusammen mit der Trommel abgehoben werden. Die Zugfeder hängt sich im entspannten Zustand selbsttätig aus und kann bei weiterer Rückdrehung der Rändelhülse nicht beschädigt werden.



Zusatzeinrichtung für den kraftschlüssigen
Antrieb von Registriertrommeln

Abb. 5

Die ganze Einrichtung ist in der Bedienung sehr einfach und arbeitet absolut zuverlässig. Da sie trotz der für den Zweck erforderlichen Funktionen nur aus Federgehäuse, Zugfeder, Rändelhülse, Schraubenfeder-Sperre, Sprengring und 3 Befestigungsschrauben besteht, ist der Aufwand zur Erzielung des kraftschlüssigen Antriebs der Registriertrommel relativ gering. Der Einbau ist nach Aufreiben der Bohrung im oberen Deckel sowie Anbringen von 3 Befestigungsbohrungen an jeder Registriertrommel möglich. Die übrige Funktion der Registriertrommel wird durch den Einbau der Einrichtung nicht beeinträchtigt. Die Zugkraft des Antriebsuhrwerkes wird durch die Kraftschluß-Einrichtung noch unterstützt. Da die Zugfeder beim Betrieb des Gerätes erst nach etwa 4 Trommelumdrehungen voll entspannt ist, kann auch der Wechsel der Registrierstreifen einige Male erfolgen, ohne daß die Registriertrommel abgenommen werden muß.

