

**Zeitschrift:** IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH  
Kongressbericht

**Band:** 1 (1932)

**Artikel:** Diskussion

**Autor:** Reutlinger, G.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-608>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 08.02.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Étant donné l'étendue de ses applications, un tel oscillateur doit répondre à des exigences très larges : facilité de réglage depuis les vitesses de rotation les plus faibles jusqu'aux vitesses les plus élevées, indépendance des vitesses de réglage par rapport aux différents régimes depuis la pleine charge jusqu'à la marche à vide ; c'est pourquoi l'oscillateur que représente la figure 5 est équipé avec groupe Léonard, visible au premier plan.

Au cours de la Séance VII *b* seront exposées d'autres possibilités intéressantes qu'offrent ces machines d'essai dynamique, ainsi que les machines spécialement conçues à cet effet.

### Zusammenfassung.

Die vielseitigen Anwendungen, die Schwingungsprüfmaschinen in der dynamischen Prüftechnik gefunden haben, machten die Ausbildung entsprechender Modelle notwendig. Es werden einige Maschinen beschrieben, die zur Untersuchung von Brücken, Schiffen, Decks, Fundamenten, Türmen, Masten, Wolkenkratzern, Beton- und Eisenbetonkonstruktionen in Frage kommen.

### Résumé.

Les applications multiples auxquelles se prêtent les machines d'essai dynamique dans la pratique du contrôle dynamique, ont conduit à concevoir différents types. L'auteur en décrit quelques-uns, que l'on emploie pour l'étude dynamique des ponts, des navires, des planchers, des fondations, tours, pylônes, gratte-ciel, ouvrages en béton et en béton armé.

### Summary.

The multiplicity of applications which has been found for vibration testing machines in the science of dynamic testing makes it necessary to design suitable types. Some machines are described which come into question for tests on bridges, ships, decks, foundations, towers, masts, sky-scrapers, and concrete and reinforced concrete structures.

Dr. Gg. REUTLINGER,

Privatdozent an der Technischen Hochschule, Darmstadt.

Die meisten Bauwerke können dynamisch aufgefasst werden als Balken oder Balkensysteme, die Schwingungen ausführen. (Vergl. Abhandlungen Bd. I., S. 387-410, 1932.) Diese Bauwerke führen entweder freie Schwingungen aus, wenn sie angestossen und sich dann selbst überlassen werden, oder sie führen erzwungene Schwingungen aus, wenn die Erregung nach bestimmten Gesetzen erfolgt. Die Eigenschwingungszahl ist dann ein Mass für die Festigkeit des Bauwerkes ; je höher die Eigenschwingungszahl eines Bauwerkes, umso grösser ist die Festigkeit. Die Dämpfung, d. h. die Abnahme der Schwingungsweite eines frei ausschwingenden Systems, infolge innerer

Reibung gestattet Rückschlüsse auf die innere Struktur des Bauwerkes. Ein Turm aus Eisenbeton wird eine geringe innere Reibung, also eine schwache Dämpfung zeigen, jedoch wird die Dämpfung sehr erheblich sein, wenn das Bauwerk Risse enthält, längs deren bei Bewegungen Reibungskräfte auftreten. Die Form der elastischen Linie ermöglicht die Nachprüfung der Dimensionierung des Bauwerkes und seines baulichen Zustandes. Bei richtiger Verminderung der Trägheitsmomente der Einzelquerschnitte mit der Höhe und ausreichender Fundamentierung muss die Linie der Maximalauslenkungen infolge von Schwingungen eine stetig gekrümmte Kurve sein, deren Tangente an der Einspannstelle mit der Turmnormalen zusammenfällt. Knickstellen in dieser Kurve deuten auf Risse im Bauwerk, ein Abweichen der Tangente von der Normalen am Erdboden auf ungenügende Fundamentierung hin. (Vergl. Bild 1.)

Zur Aufnahme der dynamischen Bestimmungsstücke können verschiedene Methoden und Instrumente Anwendung finden.

Die Methode der freien Schwingung, beruhend auf dem Anstossen des Bauwerkes durch auffallende Massen oder durch plötzliches Entlasten des vorgespannten Bauwerkes, findet nur noch vereinzelt Anwendung. Die hierbei auftretenden freien Schwingungen können durch Schwingungs- oder Spannungsmesser aufgezeichnet werden. Aus den Abklingungskurven sind die Eigenschwingungszahl und die Dämpfung zu entnehmen. Weder die Konstruktion der elastischen Linie noch die Aufstellung einer Energiebilanz der Schwingungsenergie ist möglich.

Die Methode der erzwungenen Schwingungen, die heute fast ausschliesslich Anwendung findet, verwendet periodische, meist sinusförmige Erregungskräfte. Die Wuchtkräfte geläuteter Glocken oder umlaufender Maschinen sind entweder schon natürliche Erregerkräfte, oder es werden durch sogenannte Rotore oder Oszillatoren künstlich sinoidale Kräfte eingeführt. Die Messung der maximalen Schwingungsweiten, bzw. der Maximalspannungen als Funktion der Schwingungsfrequenz erfolgt mittelst Schwingungs- bzw. Spannungsmessern. Aus den aufgestellten Resonanzkurven kann die Eigenschwingungszahl und die Dämpfung abgeleitet werden. (Vergl. Abhandl. Bd. I., Seite 397.)

Die Aufstellung einer Energie-Resonanzkurve durch Aufzeichnung der in der Erregermaschine aufgenommenen elektr. Energie als Funktion der Erregerfrequenz zeigt bei schwach gedämpften Bauwerken keine grosse Genauigkeit. Wesentlich genauer ist das Ergebnis der dynamischen Untersuchung, wenn mittels Schwingungsmessern in verschiedenen Höhen des Bauwerkes Resonanzkurven aufgenommen, die zugehörigen Eigenschwingungszahlen,

Wasser- u. Aussichtsturm in Babenhausen

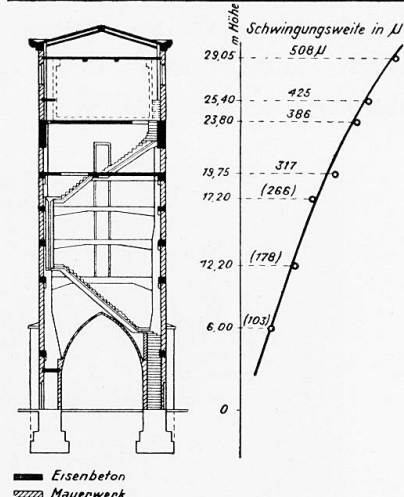


Fig. 1. — Château d'eau-Observatoire à Babenhausen — Wasser- u. Aussichtsturm in Babenhausen — Water tower and belvedere in Babenhausen.

Hauteur — Höhe — Height.

Amplitudes des oscillations en μ. — Schwingungsweite in μ. — Amplitudes of oscillation in μ.

Béton armé — Eisenbeton — Reinforced concrete.

Maçonnerie — Mauerwerk — Masonry.

Maximal-Schwingungsweiten und die Dämpfung aus diesen ermittelt werden. Aus den Maximalschwingungsweiten für die einzelnen Höhen lässt sich die elastische Linie zeichnen; aus dem Vergleich der Dämpfung an den einzelnen Messtellen können Schlüsse auf den Bauzustand des Bauwerkes gezogen werden, die eine Kontrolle für etwaige Störungen in dem Verlauf der elastischen Linie darstellen. Die von dem Erreger in das Bauwerk eingeführte Schwingungsenergie kann aus Unwucht und Umlaufgeschwindigkeit errechnet, aus den Angaben der Schwingungsmesser kann der Energiefluss durch das ganze Bauwerk verfolgt werden. Die Aufstellung einer Energiebilanz ist also durchführbar. Das Auffinden irgend welcher Unregelmässigkeiten ist durch gleichzeitige Verwertung der verschiedenen dynamischen Bestimmungsstücke unbedingt sicher gestellt.

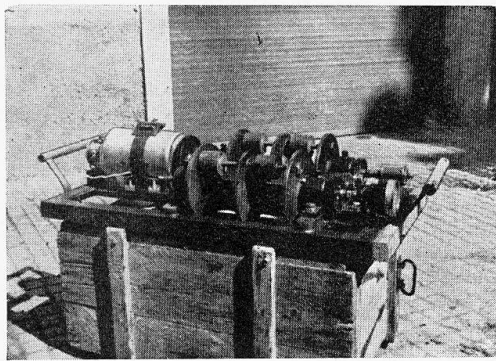


Fig. 2.

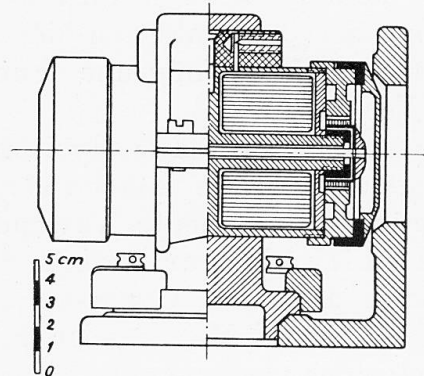


Fig. 3.

Fig. 2. — Rotor pour mise en oscillation des ouvrages — Rotor zur Erregung von Bauwerkschwingungen — Rotor for causing vibrations in structures.

Fig. 3. — Coupe de l'appareil universel du Dr. Reutlinger à mesurer les oscillations — Schnittzeichnung v. Universal-Schwingungsmesser nach Pd. Dr. Reutlinger — Cross-section of the Dr. Reutlinger Universal-Vibrometer.

Die Auswahl der Messgeräte ist von grösster Bedeutung für den Erfolg der Messung.

Der Schwingungserreger (Rotor-Oszillator) muss vollkommen starr mit dem zu untersuchenden Bauwerk verbunden sein, es genügt nicht, die Erregermaschine auf das Bauwerk aufzusetzen, sondern sie muss mit demselben entweder verschraubt werden, oder es ist durch Auflegen von Gewichten eine Ablösung von der Unterlage zu verhindern. Die Wuchtmassen, die Exzentrizität und die Umlaufgeschwindigkeit müssen genau bekannt sein, weil hieraus die eingeführte mech. Schwingungsenergie errechnet wird.

Zur Anregung von grösseren Bauwerken verwendet der Referent einen Rotor mit zweigegeneinander umlaufenden Trommelsystemen, die auswechselbare Unwuchtmassen enthalten. Durch entsprechende Auswahl und Orientierung der Massen zu einander werden die Grösse und Richtung der Zugkräfte festgelegt. (Bild 2.) Zur Anregung von Bauwerksteilen findet ein kleiner Universal-Rotor Anwendung. (Vergl. Abhandl. Bd. I., S. 401.)

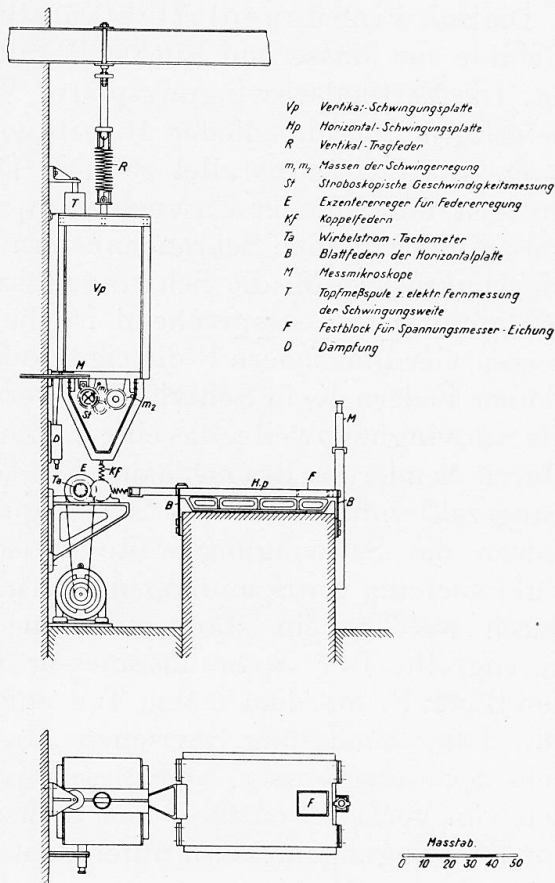
Als Schwingungsanzeiger (Schwingungsmesser oder Spannungsmesser) verwendet der Referent elektrisch übertragende Geräte, die neben Fernübertragung auch beliebige Vergrösserung durch Röhrenverstärkung ermöglichen.



Der innere Aufbau dieser Schwingungsmesser ist aus Bild 3 ersichtlich. In einem ringförmigen Felde eines Topfmagneten schwingt eine Spule, in welcher Induktionsströme entstehen, die proportional der achsialen Geschwindigkeit sind. Für die Auswertung auf Schwingungsweiten ist das ohne Belang, jedoch ergibt gerade die Schwingungsgeschwindigkeit und die Geschwindigkeit der Spannungsänderung, wie sie mit den Spannungsmessern des Referenten gemessen werden, interessante Einblicke in die Zerstörungsarbeit der technischen Erschütterungen. Die entstehenden Induktionsströme werden entweder

Fig. 4.

- $V_p$  plaque d'oscillation verticale — Vertikal-Schwingungsplatte — Vertical vibration plate.  
 $H_p$  plaque d'oscillation horizontale — Horizontal-Schwingungsplatte — Horizontal vibration plate.  
 $R$  ressort vertical de suspension — Vertikal-Tragfeder — Vertical supporting spring.  
 $m_1 m_2$  masses d'excitation — Massen der Schwing-erregung — Masses causing vibration.  
 $St$  Indicateur de vitesse stroboscopique — Stro-boskopische Geschwindigkeitsmessung — Stro-boscopic speed measuring.  
 $E$  excitateur excentrique pour excitation du res-sort — Exzentererregger für Federerregung — Eccentric exciter for spring excitation.  
 $K_f$  ressorts d'accouplement — Koppelfedern — Coupling springs.  
 $T_a$  tachymètre à courants de Foucault — Wirbel-strom-Tachometer — Eddy-current tachometer.  
 $B$  ressorts à lame de la plaque horizontale — Blattfedern der Horizontalplatte — Leaf springs of horizontal plate.  
 $M$  microscope de mesure — Messmikroskope — Measuring microscope.  
 $T$  aimant concentrique pour la mesure des ampli-tudes d'oscillation — Topfmesspule z. elektr. Fernmessung der Schwingungsweite — Cylin-der measuring spool for electric remote measur-ing of vibration amplitudes.  
 $F$  appui fixe pour l'étalonnage des appareils de mesure d'efforts — Festblock für Spannungs-messer-Eichung — Rigid block for calibrating stress measurer.  
 $D$  dispositif d'amortissement — Dämpfung — Damping.



mit einem Wechselstrom-Milliampèremeter (Gossen & Co. Erlangen) direkt abgelesen, oder mit einem Oszillographen aufgezeichnet.

Um auch Schwingungsbewegung geringer Grösse aufnehmen zu können wurde ein frequenzunabhängiger Zweiröhren-Verstärker entwickelt, der in sich zugleich eine halbautomatische Eich- und Shunteinrichtung enthält, um die Verstärkungsziffer sowohl eichen und ändern zu können. Das miteinge-baute Wechselstrom-Milliampèremeter ist über eine Eichkurve in Schwingungsweite geeicht. Durch einfache Umschaltung kann ein Oszillograph an den Verstärker angeschaltet werden.

Die Untersuchung der Schwingungsmessgeräte und ihre Eichung erfolgt auf einer Schwingungsplatte. Es hat sich bei der Untersuchung zahlreicher Schwingungsmesser gezeigt, dass nur die dynamische Eichung brauchbare Werte ergibt. Schwingungsmesser mit mechanischer Aufzeichnung

sollten nicht stärker als 30 fach, solche mit optischer Aufzeichnung höchstens 200 fach vergrössern. Bei stärkeren Vergrösserungen ist die elektrisch-optische Aufzeichnung eventl. unter Zuhilfenahme von Röhrenverstärkern zu verwenden. Hierbei werden die mechanischen Schwingungen in Wechselströme umgewandelt, die entweder unmittelbar oder über Röhrenverstärker dem elektrischen Messgerät zugeführt werden. Durch elektrische Hilfsmittel lässt sich auf einfache Weise die Empfindlichkeit ändern. Besonders wichtig ist aber die Möglichkeit der Fernbeobachtung mehrerer Messtellen an einer Stelle und auf einer einzigen Aufzeichnung.

Die Schwingungsplatten (künstliche Fundamente) sind schwingungsfähige Gebilde aus Masse und Rückstellkraft, deren Aufbau aus Bild 4 zu erkennen ist. Die Vertikalschwingungsplatte V. P. wird durch eine an einem Träger befestigte Schraubenfeder R getragen und durch an der Wand befestigte kurze Blattfedern parallel geführt. Die Erregung der Schwingungen erfolgt mittelst umlaufender Unwuchten  $m_1$  u.  $m_2$  oder mittels eines Exzenter-Erregers E durch kleine Schraubenfedern  $K_f$ . Die Schwingungsweite wird mittels Messmikroskop M, die Schwingungszahl mittels eingebauten Tachometers  $T_a$  bestimmt. Ganz entsprechend ist die Horizontalplatte H. P. aufgebaut. Hier tragen vier Blattfedern B die eigentliche Platte, die von dem Exzenter-Erreger E über Federn  $K_f$  in Schwingung versetzt wird. Das Messmikroskop M misst die Schwingungsweite, das eingebaute Tachometer T die Schwingungszahl/min. Durch Aenderung des mechanischen Getriebes ist die Veränderung der Schwingungszahl von 1/2 bis 100 Schwingungen/sec, durch Aenderung der Koppelfedern die Schwingungsweite zwischen 3 und 1/1000 mm möglich. Zur Untersuchung von Spannungsmessern hat die Horizontalplatte einen Ausschnitt, durch welchen ein starr mit dem Betonblock verbundener Gussblock F durchgreift. Der Spannungsmesser wird mit seiner beweglichen Spitze auf den Block F, mit dem festen Teil auf die Schwingungsplatte H. P. aufgesetzt. Die Längenänderung zwischen Gussblok und Platte wird einerseits mit dem Spannungsmesser, andererseits mit dem Messmikroskop gemessen. Mit den vom Verfasser entworfenen Eicheinrichtungen wurden eine grosse Anzahl von Schwingungsmessern untersucht und ausserdem umfangreiche Modellversuche durchgeführt.

Literatur vergl. Abhandlungen Bd. I., S. 387-410, 1932.

### Traduction.

La plupart des ouvrages peuvent être considérés du point de vue dynamique comme des poutres ou des systèmes de poutres qui exécutent des oscillations (voir Mémoires, 1<sup>er</sup> volume, pages 387 à 410, 1932). Ces ouvrages exécutent toutefois, soit des oscillations libres lorsqu'ils sont excités puis abandonnés à eux-mêmes, soit des oscillations forcées lorsque le mode d'excitation suit des lois définies. La fréquence propre d'oscillation sert alors à mesurer la résistance de l'ouvrage; plus cette fréquence propre est élevée dans un ouvrage donné, plus grande est la résistance de cet ouvrage. L'amortissement c'est-à-dire la réduction de l'amplitude des oscillations d'un système soumis à des

### Zusammenfassung.

Nach einer kurzen Betrachtung der Aufgaben und Messergebnisse der dynamischen Verfahren zur Untersuchung von Bauwerken, werden die Geräte zur Ermittlung der dynamischen Bestimmungsstücke (Eigenschwingungszahl, Masse, Rückstellkraft = Festigkeit, Dämpfung = Innere Reibung, Form der elastischen Linie) behandelt. Rotore = Oszillatoren zur Erregung der erzwungenen Schwingungen, Schwingungs- und Spannungsmesser zur Messung der Schwingungsweite bzw. der, infolge der Schwingungen auftretenden zusätzlichen Spannungen werden beschrieben. Den Abschluss bildet die Betrachtung der dringend erforderlichen Untersuchungs- und Eicheinrichtung für Schwingungs- und Spannungsmesser, sowie zur Durchführung von Modellversuchen.

### Résumé.

Après un court aperçu sur les objectifs à atteindre et sur les résultats que peuvent donner les mesures, dans l'étude du comportement dynamique des ouvrages, l'auteur aborde la description des appareils utilisés pour la détermination des caractéristiques dynamiques des ouvrages (fréquence propre d'oscillation ; Masses : Effort en retour — résistance ; amortissement — frottement interne ; forme de la courbe élastique) : Rotor-oscillateur pour la production des oscillations forcées ; appareils pour la mesure des oscillations et des efforts, pour la détermination des amplitudes d'oscillation et des contraintes additionnelles mises en jeu par les oscillations. En conclusion l'auteur aborde le contrôle extrêmement nécessaire et l'étalonnage des appareils de mesure d'oscillations et d'efforts, ainsi que l'exécution des essais sur modèles.

### Summary.

After a short survey of the problems and measured results of dynamic methods of testing structures, the apparatus for determining the dynamic characteristics (natural frequency, masses, power of recovery = strength, damping = Internal friction, form of the elastic line) is spoken of : Rotors = oscillators for causing forced vibration, vibration measurers and stress measurers for measuring the amplitudes of vibrations and the additional stresses caused by the vibrations, are described. Finally the author speaks of the urgent necessity of having testing and calibrating devices for vibration and stress measurers, and also of carrying out tests on models.