

# Aufbau und Wirkungsweise eines Kegelpendelregulators für seismische Registriergeräte

Von Dr. Gerhard Krumbach, Jena, Regierungsrat an der Reichsanstalt für Erdbettenforschung

**Zusammenfassung:** Nach einer Beschreibung von Wirkungsweise und Aufbau eines Kegelpendelregulators werden Methoden zur Erzielung hoher Ganggenauigkeit von seismischen Laufwerken angegeben.

Die seismischen Untersuchungsmethoden, insbesondere die immer mehr in den Vordergrund tretende Nahbebenforschung, stellen immer größere Anforderungen an die Zeitgenauigkeit bei der Ausmessung der Erdbebendiagramme und damit an den Aufbau der seismischen Registriergeräte. Neben einem guten Aufbau der Laufwerke selbst spielt die Einrichtung der Hemmwerke die wichtigste Rolle. Von allen Hemmwerken kommt dem Kegelpendelregulator eine besondere Bedeutung zu.

Dieses Konstruktionsprinzip hat schon frühzeitig bei dem Bau von Präzisionsuhren Anwendung gefunden<sup>1)</sup>. Ebenso wurde es auf Anregung von E. Wiechert bei Laufwerken von seismischen Instrumenten, die von der Firma G. Bartels, Göttingen, gebaut wurden, verwendet.

Die bei diesen Registriereinrichtungen zum Teil auftretenden Schwierigkeiten ließen es jedoch ratsam erscheinen, vor dem Bau neuer Registriergeräte durch die Reichsanstalt für Erdbettenforschung das Prinzip und die praktische Ausführung der Kegelpendelregulatoren näher zu untersuchen.

## Wirkungsweise des Kegelpendelregulators

Ein am Laufwerkgestell aufgehängtes freies Pendel wird durch die Mitnehmergabel MG der Regulatorachse Dr des Antriebswerkes in Kreisschwingungen versetzt, wobei die Pendellänge der geforderten Umdrehungszahl der Antriebsachse anzupassen ist.

Bei einem neuen Normaluhrwerk der Reichsanstalt für Erdbettenforschung besaß diese eine Umdrehungszahl von 60/Min.; infolgedessen wurde eine Pendellänge von etwa 25 cm verwendet. Die Pendelmasse betrug 800 g.

Durch die getrennte Aufhängung des Pendels am Gestell fällt der starke und schädliche Belastungsdruck auf die empfindliche Regulatorachse fort.

Wechselt während des Betriebes infolge irgendwelcher Einflüsse die Umdrehungszahl des Regulators, so ändert sich der Spreizwinkel  $\alpha$  des Kegelpendels (Abb. 1) und damit das Trägheitsmoment in bezug auf die Regulatorachse. Bei langsamerem Gang und damit bei geringerem Spreizwinkel wird das Trägheitsmoment kleiner und infolgedessen die Umdrehungsgeschwindigkeit der Achse gemäß der Beziehung:

$$a \text{ (Winkelbeschleunigung)} = \frac{D \text{ (Drehmoment)}}{\Theta \text{ (Trägheitsmoment)}}$$

schneller, bis die normale Gleichgewichtslage des schwingenden Systems wieder hergestellt ist.

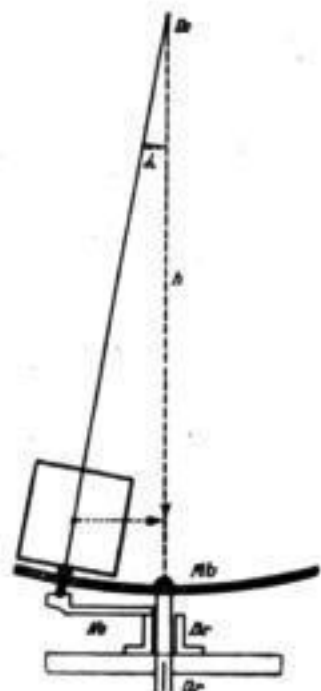


Abb. 1  
Prinzip des Kegelpendelregulators

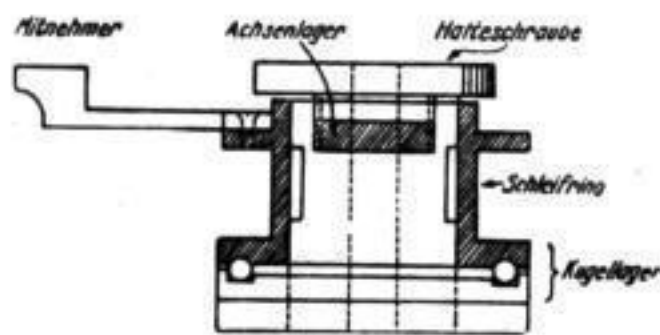


Abb. 2  
Die Schleifringbremse

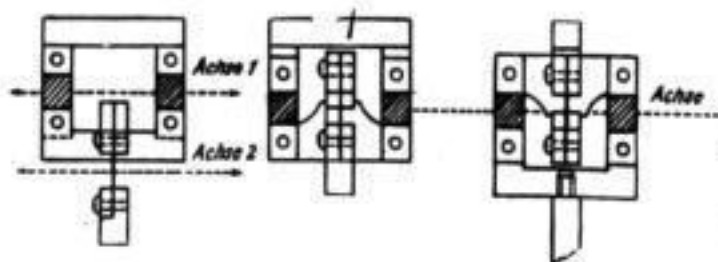


Abb. 3  
Kardan-Aufhängung des Kegelpendels

Ein weiteres Hilfsmittel zur Konstanthaltung der Umdrehungszahl ist die Begrenzung der Schwingweite des Kegelpendels mit Hilfe einer Schleifringbremse. Diese Bremse besteht aus einem Ring (Abb. 2), der gut zügig über den Zapfen gepaßt ist, der auch das obere Führungslager der Regulatorachse trägt. An diesem Ring befindet sich ein Mitnehmer mit Führungsnocke. Überschreitet bei schnellerer Umdrehung des Regulators die damit verbundene größere Schwingweite des Kegel-

<sup>1)</sup> Vgl. Cl. Sannier, Lehrbuch der Uhrmacherei, Bautzen 1891, S. 306.

pendels einen bestimmten Betrag, so legt sich der Führungstift der Pendelachse gegen die Mitnehmernocke No und muß dann den auf Kugeln gelagerten Schleifring mitführen (Abb. 1).

Durch diesen leichten Widerstand wird die Bewegung des Laufwerkes so lange gebremst, bis die Schwingweite wieder so klein geworden ist, daß der Stift an der Mitnehmernocke abgleitet und das Pendel frei schwingt. Bei normalem Gang ist das Laufwerk so einreguliert, daß bei jeder vollen Umdrehung der Bremshebel einmal kurz mitgeführt wird.

Der Aufbau und die Einstellung dieser Schleifringbremse sind sehr kritisch für den Gang des Laufwerkes. Wesentlich ist, daß die Bremsung des Umlaufes möglichst „weich“ erfolgt, d. h. die Bewegung nicht ruckartig abgestoppt wird. Dickes oder verharztes Öl in der Lagerung der Bremse können beispielsweise die Schleifhemmung zu stark erhöhen. Die Abbremsung erfolgt dann zu plötzlich. Es tritt ein Pendeln der Masse in radialer Richtung auf, das sich so stark aufschaukeln kann, daß das Pendel elliptische Bahnen beschreibt, den Mitnehmer der Bremse nicht mehr berührt und schließlich hart gegen den festen Begrenzungsring des Regulators anschlägt.

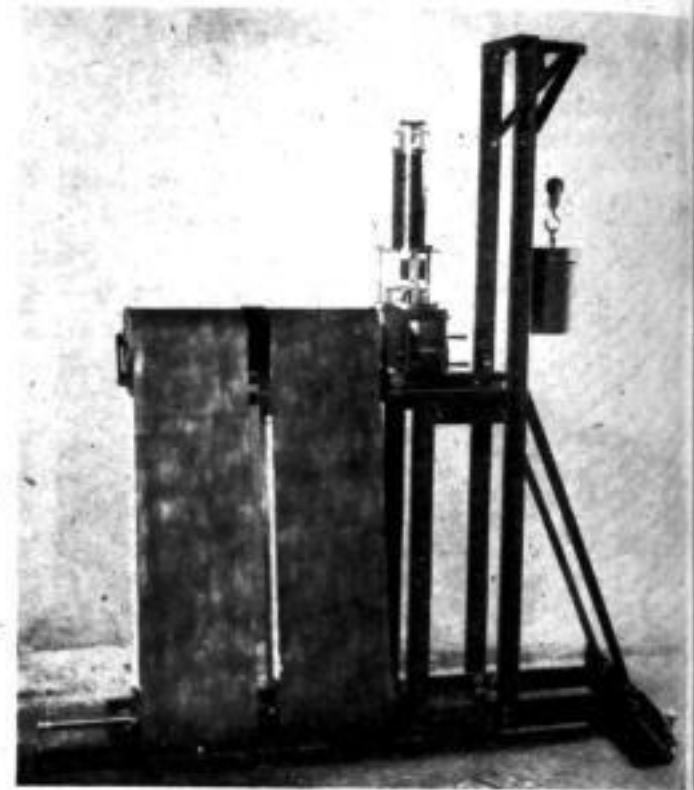


Abb. 4  
Registriereinrichtung mit Kegelpendelregulator

## Aufhängung und Justierung

Für den einwandfreien Gang des Regulators ist die obere Aufhängung des Pendels von besonderer Bedeutung, da von der Genauigkeit der Ausführung des Drehlagers des Kegelpendels die Regelmäßigkeit der Umlaufbahn abhängt. Praktisch können Draht-, Spitzenlager- und Kardanaufhängungen ausgeführt werden, jedoch treten gerade bei der Anwendung von Spitzenlagern infolge des verhältnismäßig hohen Gewichtes der Pendelmassen eine starke Abnutzung des Lagers und der Spitze und damit Störungen im Gang des Laufwerkes auf. Es ist daher diese Aufhängungsform zu vermeiden. Am zweckmäßigsten bleibt die auch ursprünglich bei Uhren angewendete Kardanaufhängung. Sehr wesentlich ist dabei die praktische Durchführung des Kardangelenkes. Es ist dabei zu beachten, daß die beiden aufeinander senkrecht stehenden Schwingachsen in einer Ebene liegen.

Diese Forderung fiel bei den großen Pendellängen von etwa 1 m bei den älteren Uhren nicht so sehr ins Gewicht. Dagegen würde ein Abstand der beiden Blattfedergelenke von etwa 10 mm, bei der gewählten Pendellänge von 25 cm, bereits einen Unterschied von 4% bedeuten. Damit würden also in den beiden Hauptschwingungsrichtungen zwei verschiedene Schwingungsdauern auftreten und damit Unregelmäßigkeiten in der Kreisbewegung verursachen.

## Aufstellung und Einregulierung

Zum Ausgleich kleiner Abweichungen im Aufbau der Pendelaufhängung wird der Kegelpendelregulator für sich auf einer horizontalen Richtplatte durch Verschiebung der Kardanaufhängung so ausgerichtet, daß die Pendelspitze genau auf die Mitte der Mitnehmerachse zeigt.

Bei dem Anbau an das eigentliche Laufwerk darf an dieser Einstellung nichts mehr geändert werden, sondern das Laufwerk bzw. die Registriereinrichtung selbst ist so auszurichten, daß auch nach erfolgtem Anbau die Pendelspitze wieder genau auf Achsenmitte zeigt.

Bei festem Anbau der Registriereinrichtung an das Seismometergestell müßte dann die Registriereinrichtung hierfür eine Justiervorrichtung besitzen. Zweckmäßig ist es jedoch, wie bei neueren Instrumenten bereits vorgesehen, ein unabhängiges Registrierwerk mit Fußschrauben zu verwenden.

Diese genaue Einstimmung des Laufwerkes spielt eine sehr wichtige Rolle, da sonst Unregelmäßigkeiten im Gang (elliptische Umlaufbahnen und „Schlagen“ des Pendels) auftreten können.