Sonderdruck aus
Zur Geschichte der Geophysik
Herausgegeben von H. Birett, K. Helbig, W. Kertz, U. Schmucker

Springer-Verlag Berlin · Heidelberg · New York 1974
Printed in Germany Nicht im Handel

Künstliche Bodenerschütterungen mit der Mintrop-Kugel

Künstliche Bodenerschütterungen mit der Mintrop-Kugel

J. Meyer

Die berühmten Fallversuche vom schiefen Turm von Pisa sind, wie jedermann weiß, sehr umstritten, um nicht zu sagen Legende. Nicht umstritten sind dagegen die weniger berühmten Fallversuche mit der schweren Stahlkugel im Garten des Geophysikalischen Instituts der Universität Göttingen, die dort Anfang dieses Jahrhunderts, wenige Jahre nach der Eröffnung des Instituts, durchgeführt wurden. Kugel und Fallgerüst sind noch heute auf dem Institutsgelände am Hainberg zu sehen (Abb. 1). Allerdings sollten diese Versuche nicht etwa einer späten Verifizierung der Fallgesetze dienen. Ihr Zweck war vielmehr, die Ausbreitung der durch den Aufprall der Kugel erzeugten Bodenerschütterungen zu studieren.

Im Hörsaal des Göttinger Instituts erinnert die fotografische Vergrößerung einer Originalregistrierung solcher Bodenschwingungen (Gesamt-

Abb. 1. Mintrop-Kugel und unterer Teil des Fallgerüstes im heutigen Zustand (Kugel-Durchmesser 1 m)

vergrößerung 5o ooofach) an die historischen Versuche. Das Datum auf diesem Bild (21. August 19o8) ist nicht nur das einzige fixierte Datum in der ganzen Versuchsreihe, sondern kennzeichnet das Bild zugleich als den ältesten Hinweis auf die Fallversuche überhaupt. Das Gerüst selbst ist auch erst im Jahre 19o8 gebaut worden, und zwar von Ludger Mintrop, dem Leiter der 19o7 neu errichteten Erdbebenwarte der Westfälischen Berggewerkschaftskasse in Bochum. Mintrop, der zuvor in Aachen Markscheidekunde studiert hatte, war nach Göttingen gekommen, um sich hier bei Emil Wiechert, dem ersten Direktor des neuen Instituts, mit der jungen Wissenschaft der Geophysik, insbesondere der Seismologie, vertraut zu machen. Seine Dissertation (MINTROP, 1911), mit der er bei Wiechert promovierte und in der er die von einem Gasmotor im Göttinger Elektrizitätswerk erzeugten Bodenschwingungen behandelt, steht in direktem Zusammenhang mit allgemeineren Untersuchungen über künstliche Erdbeben, die er sowohl in Bochum als auch in Göttingen anstellte und zu denen auch die Fallversuche auf dem Hainberg gehörten.

Das Gerüst für die Kugel besteht aus vier gegeneinander versteiften Eisenträgern. Seine Höhe beträgt insgesamt 15 m. Durch eine zusätzliche Vertiefung im Erdboden, die heute zugeschüttet ist, entstand eine maximale Fallhöhe von 14 m. Die 4 t schwere Stahlkugel war Mintrop durch Wiecherts Vermittlung von der Firma Friedr. Krupp A.G. (die auch bereits die Spiralfedern für den Bau des 13oo kg-Vertikalseismographen der Göttinger Erdbebensation gestiftet hatte) zur Verfügung gestellt worden (Abb. 1). Sie konnte mittels eines Flaschenzuges an dem Gerüst hochgezogen und über eine mechanische Auslösevorrichtung zu einem beliebigen Zeitpunkt zum Fallen gebracht werden. Der Aufprall erfolgte unmittelbar auf den festen Trochitenkalk des Hainbergs.

Registriert wurde fast durchweg mit einem schon 19o6 von Wiechert konstruierten tragbaren Seismographen (Horizontalpendel), dessen größtmögliche Vergrößerung 5o ooo betrug. Wiechert hatte dieses sehr empfindliche Gerät zunächst für die Registrierungen der Bodenerschütterungen beim Abfeuern schwerer Geschütze auf dem Schießplatz Meppen benutzt. Mintrop selbst baute, in Anlehnung an das Wiechertsche Prinzip, für seine weiteren Untersuchungen über künstliche Erdbeben einen ähnlich empfindlichen Seismographen mit etwas kleinerer Maximalvergrößerung. Bei den Fallversuchen mit der 4 t-Kugel wurde er jedoch nur ein einziges Mal eingesetzt, und zwar bei der gleichzeitigen Registrierung der Querkomponente im Erdbebenhaus des Instituts, in 125 m Entfernung vom Fallort (Punkt a und b in Abb. 3, vgl. die entsprechenden Seismogramme in Abb. 4). Bei allen anderen Fällen wurde lediglich die Schwingungskomponente parallel zur Richtung zur Kugel aufgezeichnet und hierfür das ursprüngliche Wiechertsche Gerät verwendet. Die Vertikalkomponente konnte noch nicht registriert werden, da es zu jener Zeit noch an einem hochempfindlichen transportablen Vertikalseismographen fehlte, wie er von Mintrop erst einige Jahre später entwickelt wurde.

Von dem Wiechertschen Feldseismographen ist in der Literatur (MINTROP, 19o9) nur die Außenansicht in Form einer Zeichnung überliefert, während die Mintropsche Nachkonstruktion in der gleichen Arbeit ausführlicher beschrieben wird (vgl. Abb. 2). Das zugrundegelegte Bauprinzip war das Wiechertsche System des umgekehrten Pendels. Die zylindrisch geformte Pendelmasse wog 12 kg. Ihre Relativbewegung wurde nach einer Kombination von konstanter mechanischer Vergrößerung durch Hebelübersetzung (4ofach) und einer veränderlichen optischen Vergrößerung (Lichtweg 2 x 1 m) auf einem Filmstreifen fotografisch aufgezeichnet. Die gesamte Indikator-Vergrößerung konnte hierbei auf 178o, 55oo oder 11 3oo eingestellt werden (entsprechende Werte beim Originalge-

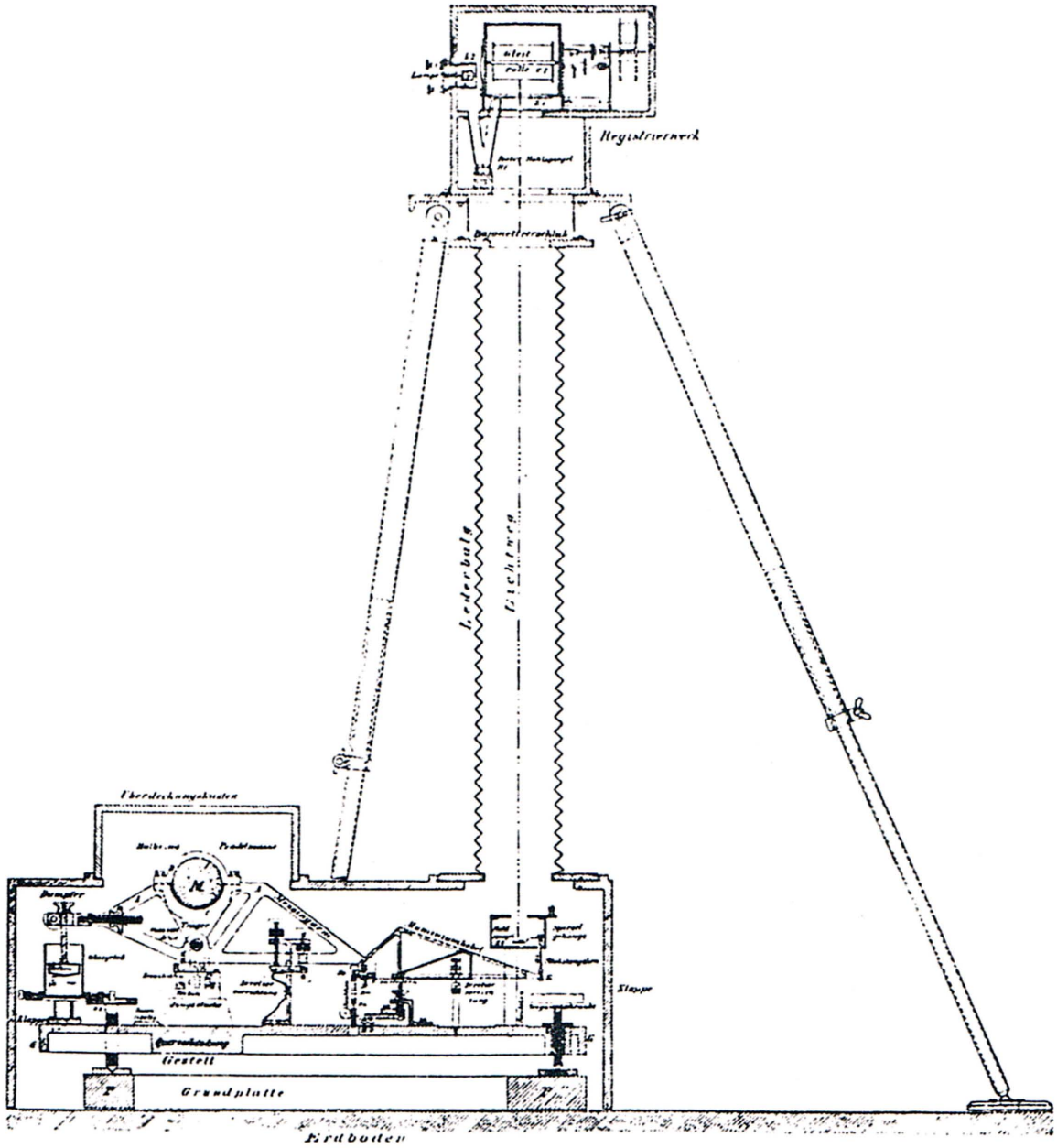


Abb. 2. Schnitt durch den transportablen Horizontalseismographen von Mintrop; *M* = Pendelmasse. Das gesamte System ist lichtdicht abgeschirmt; Höhe etwa 1,3o m (MINTROP, 19o9, 191o)

rät von Wiechert: 5ooo, 2o ooo und 5o ooo). Die Eigenperiode des Systems lag, je nach der gewählten Vergrößerung, zwischen o,7 und 1,o sec (beim Wiechertschen Gerät zwischen o,8 und 1,6 sec). Die Unterdrückung der Resonanzen erfolgte durch eine Öldämpfung. - Der Lichtweg zwischen Seismometer und Registriereinrichtung war durch einen Lederbalgen (bzw. einen geschlossenen Schacht) abgeschirmt, so daß die Geräte an jeder Stelle unter freiem Himmel eingesetzt werden konnten. Zum Transport genügte ein Handwagen. Für den Aufbau bis zur Einsatzbereitschaft wurde eine knappe Viertelstunde benötigt.

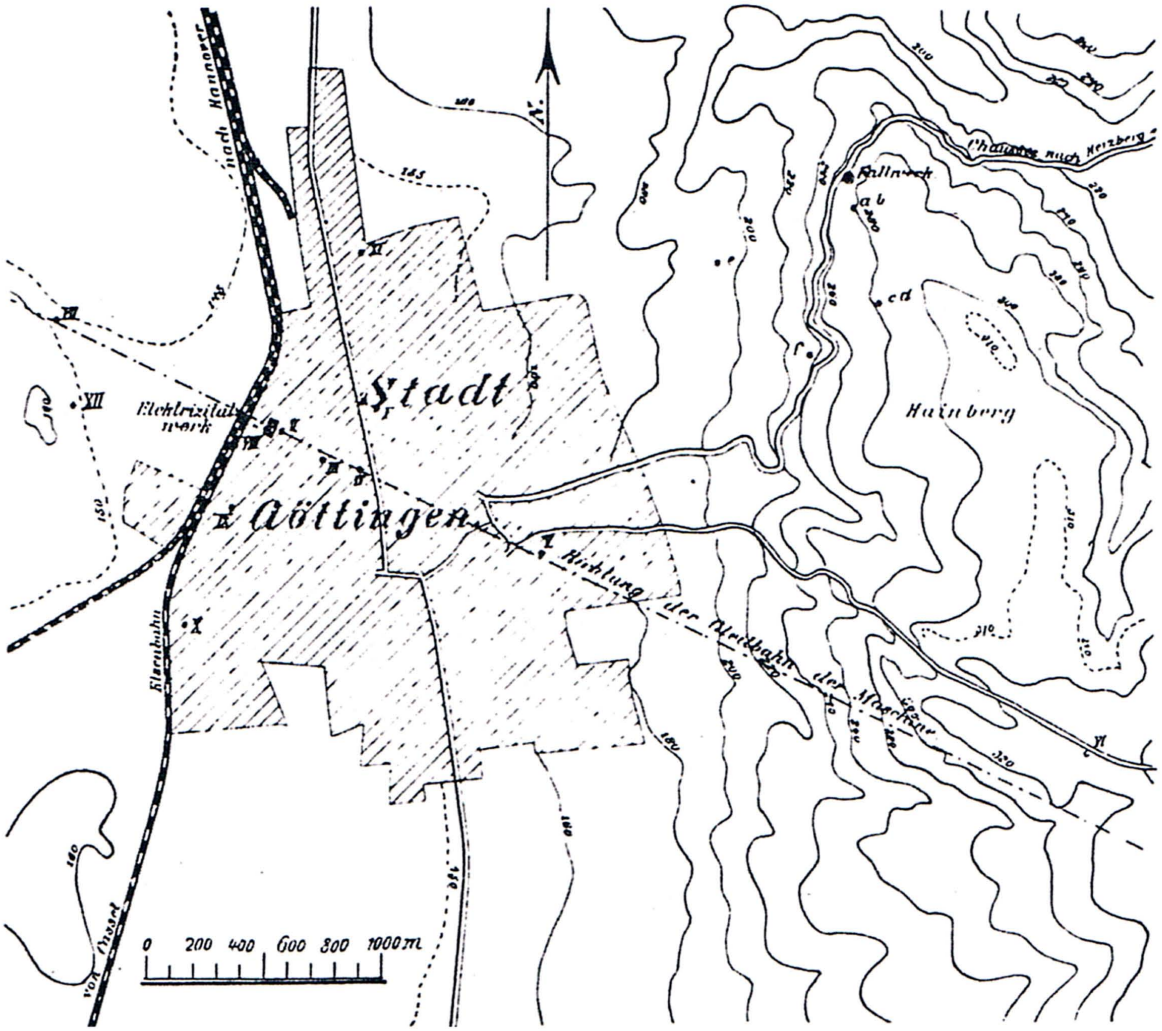


Abb. 3. Lageplan für Fallwerk und Registrierorte (Buchstaben *a–f*, entsprechend den Aufzeichnungen in Abb. 5) im Vergleich zur Ausdehnung der Stadt Göttingen um das Jahr 19o8. Die römischen Ziffern kennzeichnen Registrierorte bei anderen künstlichen Bodenerschütterungen (MINTROP, 191o)

Die Abb. 3 zeigt den Lageplan für Fallwerk und Registrierorte im Vergleich zur damaligen Ausdehnung der Stadt Göttingen. Die Meßpunkte sind mit den gleichen Buchstaben gekennzeichnet wie die entsprechenden Registrierungen in Abb. 4, in der die Ergebnisse der Beobachtungen zusammengestellt sind. Der Abstand zwischen je zwei Anfängen oder Enden der kleinen waagerechten Striche entspricht einer Sekunde. Während die Seismogramme (a) und (b) gleichzeitige Aufnahmen darstellen, wurden die Spuren (c) und (d) am gleichen Ort an aufeinanderfolgenden Tagen registriert. Dabei ist deutlich der störende Einfluß der Maschinen des Elektrizitätswerkes zu erkennen. Bei dem Fallversuch am zweiten Tag, wie auch bei den übrigen Versuchen, standen diese Maschinen still. In den Seismogrammen (d) und (e) kommt darüberhinaus eine größere Bodenunruhe zum Ausdruck, die teils auf die größere Nähe der Stadt, teils auf den lockeren Untergrund zurückzuführen ist. Aus Entfernungen über 71o m fehlen veröffentlichte Aufzeichnungen. Es ist lediglich vermerkt (MINTROP, 191o), daß die Bodenschwingungen noch in etwa 2 km Entfer-

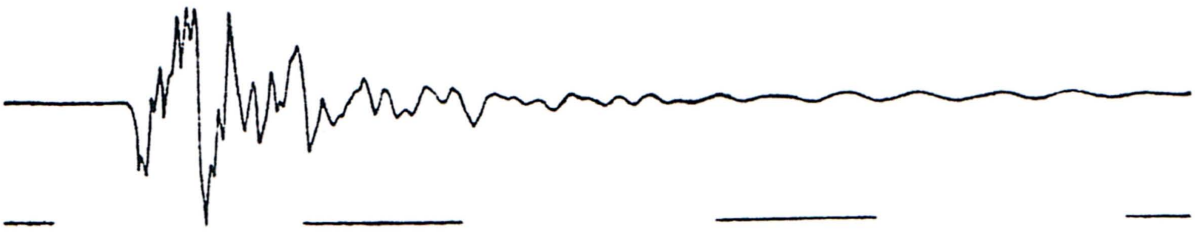
nung registriert werden konnten. Erst am Hainholzhof, 2,6 km vom Fallort entfernt, waren die Vorläufer des künstlichen Erdbebens gar nicht mehr und die Hauptwellen nicht mehr mit Sicherheit zu erkennen.

Die fotografischen Registrierungen der Göttinger Fallversuche stellen die ersten vollständigen Seismogramme von künstlichen Erdbeben dar, die überhaupt erhalten bzw. veröffentlicht worden sind. Mintrop erkannte in ihnen auch bereits die gleichen Wellenarten wie bei natürlichen Beben, nahm aber dennoch keine weitere Auswertung seiner Ergebnisse vor. Am Schluß seines Kongreßberichtes schreibt er deutlich, worum allein es damals ging: "Beobachtungen an künstlichen Erdbeben schließen die Kette der Untersuchungen über die Ausbreitung der Erdbebenwellen. - Der Zweck der Abhandlung ist erfüllt, wenn sie ein allgemeines Bild von der Art der Ausbreitung künstlicher Bodenerschütterungen gegeben und zu weiteren Untersuchungen angeregt hat" (MINTROP, 191o). An die Erforschung von Gebirgsschichten und nutzbaren Lagerstätten mit seismischen Methoden war noch gar nicht gedacht. Diese setzte erst ein paar Jahre später, vollends erst nach dem Ersten Weltkrieg ein.

Obwohl MINTROP (1911) in der Einleitung seiner Dissertation in bezug auf die Fallversuche schreibt, daß diese Untersuchungen noch nicht abgeschlossen seien, fehlt jeglicher Hinweis auf weitere Kugelfälle. HUBERT (1925) hat später zwar noch einmal Fallversuche an dem gleichen Gerüst unternommen, jedoch mit ganz gewöhnlichen Gewichtsstücken bis zu 5o kg sowie einer Walze von 117 kg bei Fallhöhen bis zu 11 m. Registriert wurde dabei im Erdbebenhaus des Instituts mit einem speziellen stationären Vertikalseismographen mit zweimillionenfacher Vergrößerung. Die 4 t-Kugel selbst war offenbar auch zu dieser Zeit schon historisches Relikt.

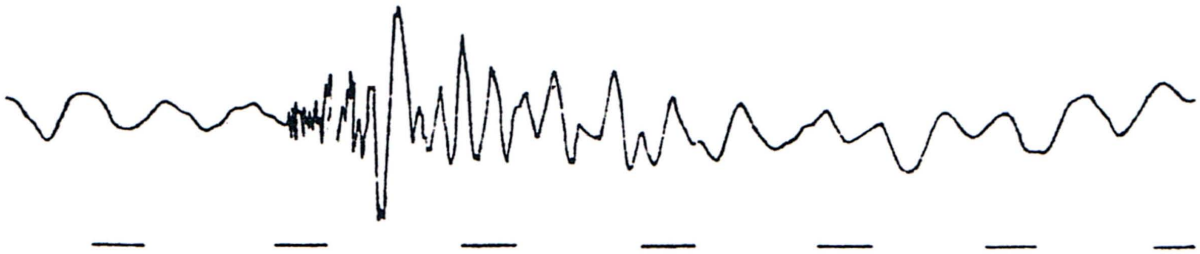
Die wissenschaftliche Bedeutung der Göttinger Fallversuche ist heute verblaßt. Und man sollte die Pflege ihres Andenkens auch nicht überbewerten. Für den lebenden Geophysiker können und sollen solche historischen Denkmäler wie die Mintrop-Kugel nicht mehr sein als Mahnung und Verpflichtung, "nach Kräften in dem Geiste zu wirken, für den sie als Symbole stehen" (BARTELS, 1951).

a) V = 5500. Entfernung 125 m.



b) V = 5000. Entfernung 125 m. Schwingungsebene senkrecht zu a.

c) V = 50 000. Entfernung 510 m.



d) V = 50 000. Entfernung und Schwingungsebene wie bei c.

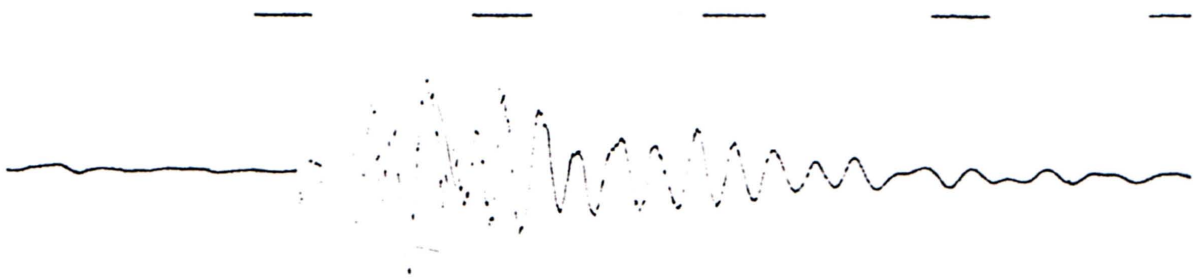
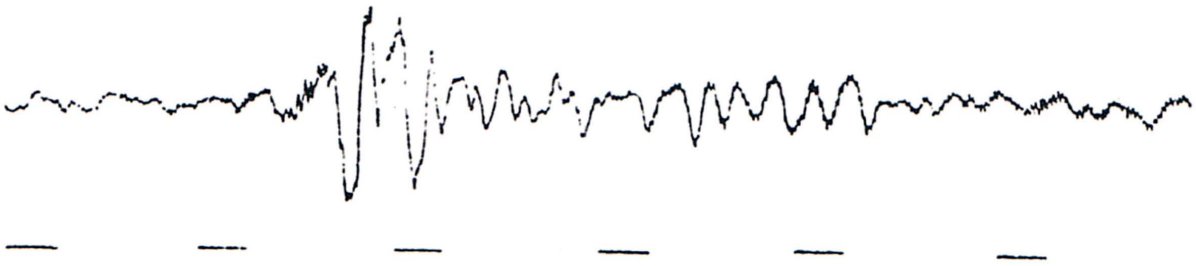


Abb. 4 a-d

Abb. 4 a-f. Seismogramme der durch den Aufprall der 4 t-Kugel ausgelösten Bodenerschütterungen in verschiedenen Entfernungen vom Fallort. (Originalaufzeichnungen, *V* = Indikator-Vergrößerung). Der Abstand zwischen Anfang oder Ende zweier benachbarter kleiner Striche entspricht jeweils einer Sekunde (MINTROP, 191o)

e) V = 50 000. Entfernung 620 m.



f) V = 50 000. Entfernung 710 m.

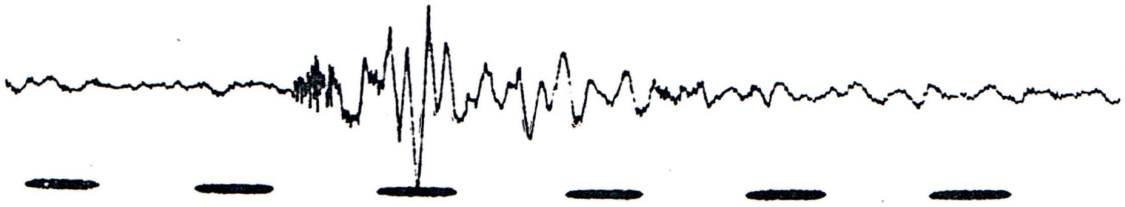


Abb. 4 e und f

Literatur

BARTELS, J.: Geophysik in Göttingen, Mitt. d. Univ.-Bundes 27 (1), 24-32, 1951 (Abdruck einer Rede bei der Immatrikulationsfeier der Universität Göttingen am 18.11.195o).

HUBERT, F.: Die Registrierung der durch fallende Gewichte erzeugten Bodenschwingungen mit einem zweimillionenfach vergrößernden Wiechertschen Vertikalseismometer. Diss. Göttingen 1925. Abgedruckt in: Z. Geophys. 1, 134-143 (Teil 1) und 197-2o9 (Teil 2), 1924/25. (Nur kurzer Hinweis auf die Fallversuche von Mintrop; ansonsten Experimente am gleichen Gerüst, aber mit wesentlich kleineren Gewichten).

MINTROP, L.: Die Erdbebenstation der Westfälischen Berggewerkschaftskasse in Bochum, Glückauf, Berg- und Hüttenmännische Zeitschrift 45, Nr. 11 u. 12, 1-2o sowie 4 Tafeln (19o9). (Auf S. 19 erster veröffentlichter Hinweis auf die Fallversuche, mit Registrierbeispiel auf Tafel 4, Fig. 4).

MINTROP, L.: Über künstliche Erdbeben, Intern. Kongreß f. Bergbau u. Hüttenwesen. Angew. Mechanik u. prakt. Geologie. Selbstverlag des Arbeitsausschusses des Kongresses, 98-112, 191o. (Ausführlichste Beschreibung der Fallversuche, mit 6 Registrierbeispielen).

MINTROP, L.: Über die Ausbreitung der von den Massendrucken einer Großgasmaschine erzeugten Bodenschwingungen, Diss., Göttingen 1911. (In der Einleitung nur kurzer Hinweis auf die Fallversuche, mit Registrierbeispiel).

MINTROP, L.: Zur Geschichte des seismischen Verfahrens zur Erforschung von Gebirgsschichten und nutzbaren Lagerstätten. Mitt. Seismos-Ges. II, Selbstverlag, Hannover 193o. (Gesamtentwicklung bis zum Mintrop-Verfahren; auf S. 27 u. 28 kurze Hinweise auf die Fallversuche).