

Seismographen und Seismogramme

Autor(en): **Grütter, M.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Prisma : illustrierte Monatsschrift für Natur, Forschung und Technik**

Band (Jahr): **4 (1949)**

Heft 7

PDF erstellt am: **11.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-654307>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Seismographen und Seismogramme

Seismographen wurden ursprünglich zu dem Zweck gebaut, die Erdbebenbewegungen aufzuzeichnen. Es handelt sich dabei um die durch das Erdbeben verursachte Relativbewegung des Erdbodens bezüglich eines Systems, das diese Bewegung nicht mitmacht (Ruh-system). Zur Beobachtung der horizontalen Bewegungskomponente wäre eine unterstützte, jedoch in der horizontalen völlig frei bewegliche Masse geeignet, da nach dem Trägheitsgesetz ein Körper, der von keinerlei bremsenden oder antreibenden Kräften beeinflußt wird, seinen Bewegungszustand beibehält. Völlig reibungslos kann jedoch eine schwere Masse nicht unterstützt werden. Am besten wird man sie nach Art eines Pendels an einem mit dem Erdboden durch ein Gestell verbundenen Stützpunkt aufhängen. Dieser sollte möglichst weit vom Schwerpunkt entfernt sein. Bei den ersten Ausführungen hat man an der Pendelmasse einen Schreibstift angebracht und das zu beschreibende Blatt waagrecht auf einer mit dem Gestell (Erdboden) verbundenen Platte befestigt. Der Schreibstift zeichnet dann zwar die Bahn der Bewegung, nicht aber deren zeitlichen Ablauf auf. Dies erlauben die bekannten Registriereinrichtungen, bei denen das Blatt durch ein Uhrwerk mit konstanter Geschwindigkeit vorwärts geschoben wird. Da ein derartiges Registrierwerk nur eindimensionale Bewegungen festhalten kann, braucht man eines für die Nordsüd- und eines für die Westostkomponente des Bebens. Die zweidimensionale Bewegung muß entweder mechanisch in diese zwei Komponenten zerlegt werden oder man ordnet überhaupt zwei eindimensional schwingende Pendel an. Um die Pendelbewegung vergrößert aufzuzeichnen, benutzt man elektrische Verstärker, Drehspiegel, oder Hebelübersetzungen, welche im Gestell zwischen Masse und Schreibstift gelagert sind. Das ideale unendlich lange Pendel ist praktisch nicht realisierbar. Die beschränkte Pendellänge hat zur Folge, daß beim Herausschwenken der Masse aus ihrer Ruhelage (Schwerpunkt senkrecht unter dem Stützpunkt) eine rücktreibende Kraft, nämlich eine Komponente der Schwerkraft auftritt, die der Ausweichung annähernd proportional ist und vermöge deren das Pendel nach dem Grundgesetz der Mechanik als Eigenbewegung harmonische Schwingungen ausführt, wenn es ange-

stoßen wurde, bzw. wenn der Stützpunkt eine Erdbebenbewegung mitmacht. Die Bewegung des Pendelschwerpunktes gibt also nicht nur die Bodenbewegung wieder. Man geht daher besser von den Beschleunigungen des Erdbebens aus, denn sie sind für den Praktiker viel wichtiger als die Bodenbewegungen. Die zerstörende Wirkung eines Bebens z. B. hängt von der Beschleunigung, nicht von der Verschiebung ab. Ferner interessiert den Erdbebenforscher vor allem der Zeitpunkt des Beginns, die sogenannte Einsatzzeit des Bebens und seiner wichtigsten Phasen. Der Verlauf der über viele Minuten sich erstreckenden Bodenbewegung ist keineswegs durch die Erdbebenerschütterung im Herd des Bebens bedingt, — über diese erfährt man aus dem Seismogramm eines fernen Bebens wenig — sondern durch die Schicksale, die die vom Herd ausgehenden Erdbebenwellen bei ihrem Durchgang durch die Erde erfahren. Der Bewegungsverlauf (abgesehen von seiner Intensität) hängt im allgemeinen hauptsächlich von der Entfernung des Beobachtungsortes vom Herd ab. Aus den Aufzeichnungen verschiedener Erdbebenstationen kann die Lage des Herdes auf der Erdoberfläche ermittelt werden. Nur bei genügend scharf einsetzenden Beben läßt sich schon von einer einzigen Station aus die Richtung bestimmen, in welcher der Herd liegt. Auf diese Weise gelangt man zu einer wirklichen Statistik der Häufigkeitsverteilung der Erdbeben auf der Erdoberfläche, also zur Ermittlung der bevorzugten Erdbebengebiete, ohne auf direkte Nachrichten angewiesen zu sein, die aus unbewohnten oder nur dünn besiedelten Gegenden spärlich sind. Das wichtigste Hilfsmittel für die Herdbestimmung sind die sogenannten Laufzeitkurven. Unter Laufzeit versteht man die Zeit, die zwischen der Erschütterung im Herd und der Ankunft der Erdbebenwelle auf der Station vergeht. Sie hängt von der Herdentfernung und Herdtiefe, ferner von der Art der Wellen und ihrer Fortpflanzung ab. In einem festen, elastischen Körper breitet sich eine Störung stets in Gestalt zweier Wellen aus, einer Verdichtungswelle, bei der die Teilchen in der Fortpflanzungsrichtung schwingen (z. B. Schallwelle), und einer Scherungswelle mit dazu senkrechter Schwingungsrichtung. Die erste läuft schneller und kommt daher

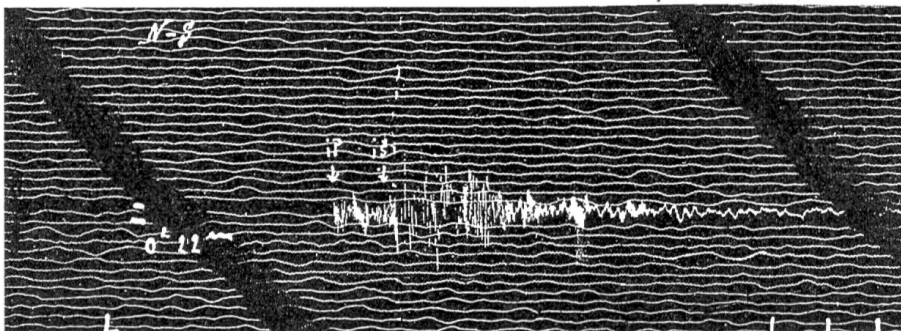


Abb. 1: Seismogramm eines Nahebebens. Herd in Frauenfeld, registriert in Zürich.

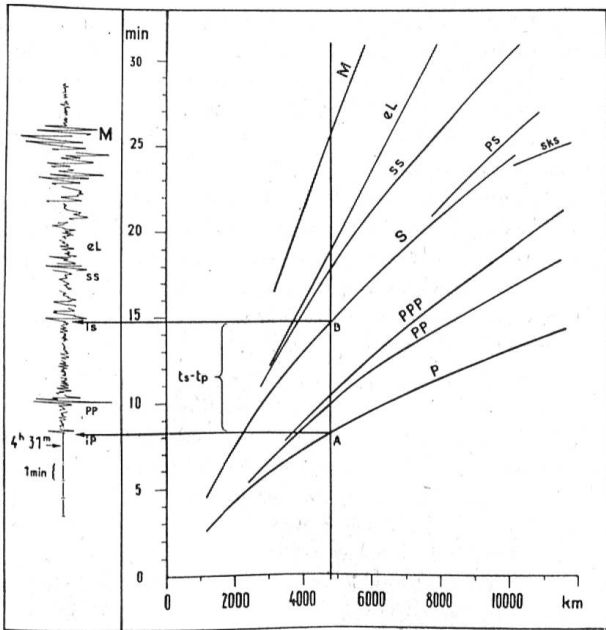


Abb. 2: Seismogramm eines Fernbebens (links); Laufzeitdiagramm (rechts).

früher auf der Station an. Der erste Einsatz des Bebens, der sogenannte P-Einsatz (P-Phase, P = primae undae) (Abb. 1 und 2) rührt von der Verdichtungswelle her, ein späterer S-Einsatz (S = secundae undae) von der Scherungswelle. Außer der P- und S-Phase finden sich im Seismogramm noch weitere Phasen aufgezeichnet, die von einmal oder mehrmals reflektierten Verdichtungs- und Scherungswellen herrühren und als PP, PS, PPP, PSP usw. bezeichnet werden. Als Reflexionsflächen wirken in erster Linie die Erdoberfläche, dann auch Trennungsfächen zwischen Gesteinsschichten verschiedenen Materials. Schließlich sind die sogenannten Oberflächenwellen zu erwähnen, die relativ langsam längs der Erdoberfläche wandern und die größten Wellenlängen sowie die größten Amplituden aufzuweisen pflegen. Die Laufzeiten aller dieser Wellen sind Funktionen der Herdentfernung und für jede Phase verschieden. Sie sind in Laufzeittabellen oder -Diagrammen (Abb. 2) niedergelegt. Die Laufzeiten sind als Ordinaten, die zugehörigen Entfernungen zwischen Herd und Station als Abszissen aufgetragen. Es entsteht so für jede Phase P, PP, S usw. eine Kurve. Da die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten aller dieser Wellen verschieden sind, so sind auch die Laufzeitdifferenzen je zweier Phasen von der Herdentfernung abhängig (in Abb. 2 z. B. die Strecke AB, nämlich die Zeitdifferenz $t = t_s - t_p = 6 \text{ min } 24 \text{ sec}$. Sie ist natürlich identisch mit der Zeitdifferenz zwischen den entsprechenden Einsätzen im Seismogramm. Hat man daher im Seismogramm zwei Einsätze mit Sicherheit (etwa als P- und S-Phase) identifiziert, so hat man nur ihre Zeitdifferenz im Seismogramm (vgl. Abb. 2, links) abzumessen und kann dann dem Laufzeitdiagramm die zugehörige Herdentfernung (in Abb. 24800 km) entnehmen. Es ist klar, daß dieses Verfahren nur bei deutlicher Registrierung durchführbar ist, auch erfordert die richtige Deutung der Einsätze einige Erfahrung. Die Richtung von der Station zum Herd, d. h. der Winkel, den die Richtungs-

gerade mit der Nordsüdrichtung bildet, ergibt sich aus dem Amplitudenverhältnis der beiden Horizontal-komponenten des P-Einsatzes.

Das eingehendere Studium der Seismogramme vermag auch Aufschlüsse zu geben über den Aufbau des Erdinnern, das von den Wellen passiert wird. Zu dem Zweck müssen die Seismogramme richtig gedeutet werden können. Man muß wissen, was für Wellen in elastischen Körpern, wie die Erde einer ist, vorkommen können und besonders mit welcher Geschwindigkeit sie sich in den verschiedenen Gesteinsschichten fortpflanzen. Hier sei nur erwähnt, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erdbebenwellen sich in der Größenordnung von 5 bis 15 km/sec bewegt.

Die Bauart der Seismographen

Das einfache Pendel findet nur selten Verwendung, da es für die üblichen Schwingungsdauern sehr lang ausfällt. Eine gedrängtere Bauart erlauben die sogenannten Horizontalpendel (Abb. 3b). Diese Bauart kann für willkürlich veränderbare Schwingungsdauer eingerichtet werden. Da dieses Pendel nur eine eindimensionale Bewegung ausführt, so sind immer zwei (eines für die Nordsüd- und eines für die Westostrichtung) mit einer eigenen Registrierung zu einem Seismographen zusammengebaut (Abb. 4). Beim umgekehrten Pendel (Abb. 3c) liegt der Unterstützungspunkt senkrecht unterhalb des Schwerpunktes. Das Pendel wird in dieser Lage durch Federn festgehalten. Es kann zweidimensionale Bewegungen ausführen. Die Zerlegung in zwei Komponenten erfolgt in unserem Beispiel durch zwei zu einander senkrechte Stoßstangen, die am Punkt C angreifen und diesen unter Zwischenschaltung einer Hebelübertragung mit je einer Schreibnadel verbinden.

Die wirkliche Erdbebenbewegung ist dreidimensional; es tritt auch eine Vertikalkomponente auf, die mit den bisher beschriebenen Anordnungen nicht festgestellt werden kann. Zu diesem Zweck muß die Masse in ver-

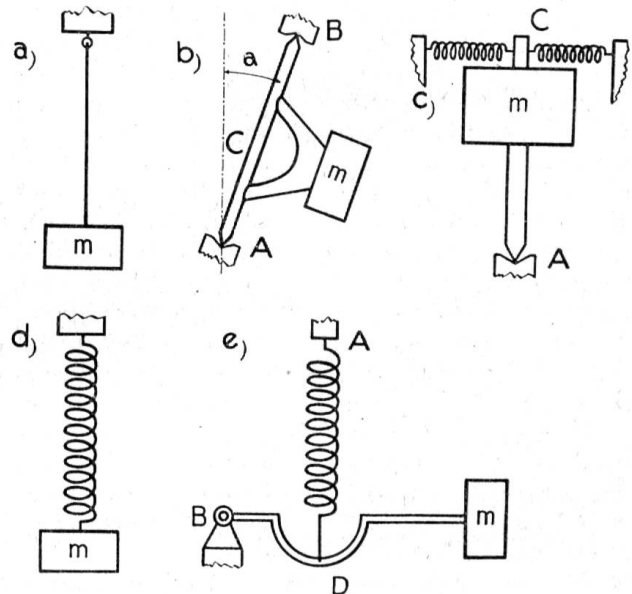


Abb. 3: Seismographentypen
a. Vertikalpendel. b. Horizontalpendel. c. umgekehrtes Pendel.
d. und e. Vertikalseismographen.

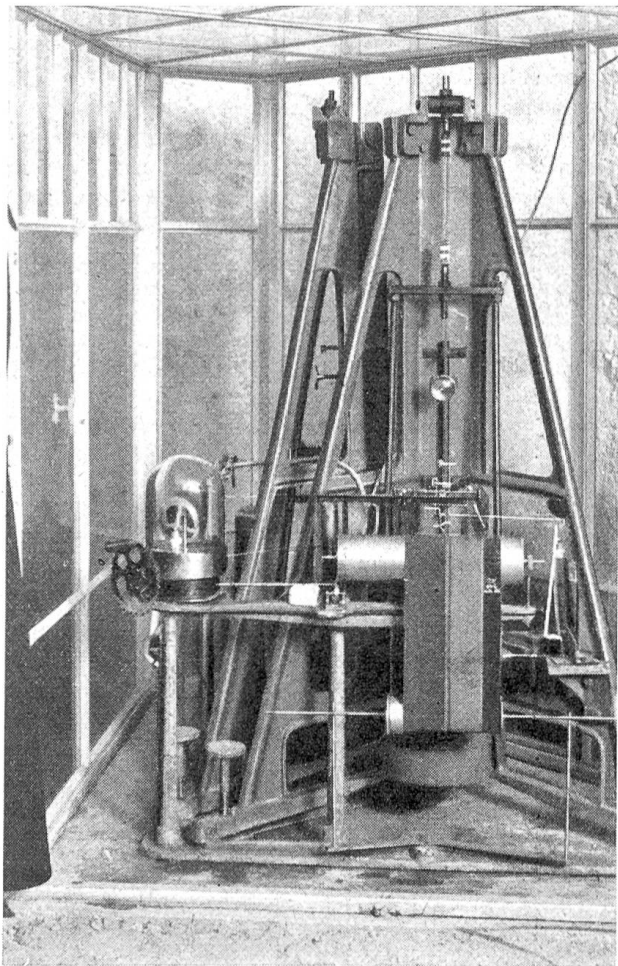


Abb. 4: Seismograph nach Mainka mit zwei Horizontalpendeln.

tikaler Richtung um eine Ruhelage schwingen können. Dies wird ermöglicht durch Aufhängung der Masse an einer Feder (Abb. 3d). Bei einer anderen Konstruktion, welche den Vorteil hat, mit einer geringeren Masse auszukommen, läßt man die Feder nach Abb. 3e im Punkte D eines Hebels angreifen, dessen freies Ende die Masse M trägt. Da eine Feder sich mit steigender Temperatur verlängert und die Schreibnadel infolge der Hebelübertragung dadurch beträchtlich aus der normalen Ruhelage herausgedreht wird, muß man die Federn durch eine isolierende Verschalung gegen die äußeren Temperaturschwankungen schützen oder es müssen automatische Kompensationseinrichtungen angebracht werden. Der grobe Temperatursausgleich kann von Hand durch Auflegen oder Wegnehmen von Gewichten geschehen.

Alle in Seismographen vorkommenden Gelenke müssen möglichst reibungslos funktionieren. Da die Drehbewegungen darin sehr klein sind, verbindet man daher oft die beweglichen Teile durch dünne Stahllamellen und kann so auf Zapfen und Lager oder Spitze und Pfanne verzichten. Bild 5 ist eine schematische Zeichnung der Hebelübertragung eines Horizontalpendels nach Mainka. Das äußere Aussehen eines derartigen Apparates (kleineres Modell) geht aus Abb. 4 hervor. Als oberes «Lager» des Pendels (B in Abb. 3b) dient hier ein Stahldraht, als unteres (A) eine Lamellen-

verbindung. Die Registrierung erfolgt auf einem glatten, berußten Papierstreifen. Der Papierbogen wandert auf der Tragwalze bei jedem Umlauf um wenige mm nach rechts, was durch leichtes Schiefstellen der unteren Belastungswalze erreicht wird. Im Ruhezustand des Pendels zeichnet die Nadel eine weiße Spirallinie in den Papierbogen ein. Nach Ablauf einer Minute wird sie durch eine von einer Normaluhr aus elektrisch betätigte Vorrichtung für ganz kurze Zeit vom Streifen abgehoben. Die Minutenlücken (Abb. 1 und 2 links), die dadurch auf dem Streifen entstehen, sind die Zeitmarken der Registrierung. Ihr Abstand in mm liefert den Maßstab für die Minute. Alle vollen Stunden unterbleibt die Abhebung. Jeden Tag muß ein neuer Streifen aufgelegt werden. Das fertige Seismogramm wird durch Eintauchen in eine Schellacklösung fixiert. Die beschriebene mechanische Registrierung ist einfach und wohlfeil im Betrieb, aber setzt zur Überwindung der erheblichen Reibungswiderstände große Pendelmassen voraus. Bei leichteren Konstruktionen ist die optische Registrierung unerlässlich, bei der das Pendel lediglich einen kleinen Spiegel drehen muß. Auch elektrische

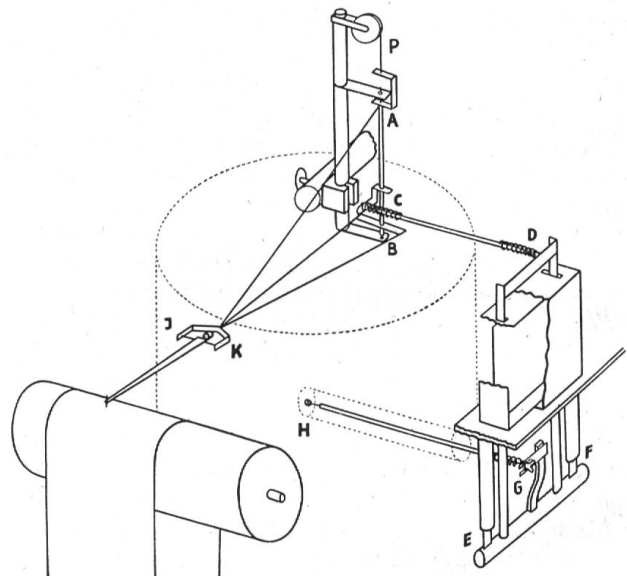


Abb. 5: Hebelübertragung und Luftdämpfung eines Horizontalpendels (Mainka)

P Welle aufgehängt. A, B Zapfenlager. C, D, G, Spitzenlagerung mit Andruckfedern. H Stahldraht E, F Lamellenverbindung. I, K Spitzenlagerung.

Registriervorrichtungen sind gebaut worden, bei denen ein mit der Masse verbundener Magnet in einer Spule Induktionsströme erzeugt, die mittels eines Spiegelgalvanometers optisch registriert werden. Diese Apparate zeichnen nicht den Weg, sondern die Geschwindigkeit der Pendelbewegung auf.

Ein wichtiges Konstruktionselement der meisten Seismographen ist die Dämpfung. Sie kann ein durch einen einzigen Stoß angeregtes Pendel nach wenigen Schwingungen (oder auch aperiodisch) zur Ruhe bringen. Während jedoch die Reibung in den Gelenken und an der Nadel schon im Ruhezustand wirkt und daher einerseits eine vollständige Rückkehr des Pendels in die Ruhelage verhindert, andererseits dasselbe gegen sehr kleine Erdbebenbewegungen unempfindlich macht,

ist eine Dämpfungskraft nur von der Geschwindigkeit abhängig und verschwindet im Ruhezustand. Bei der Luftdämpfung steht mit dem Pendel ein Kolben in Verbindung, der sich in einem am Gestell befestigten Zylinder (Kasten in Abb. 5) reibungslos bewegen kann. Durch Verändern einer Öffnung im Zylinderdeckel kann die Dämpfung beliebig eingestellt werden. Bei der Wirbelstromdämpfung bewegt sich ein Metallblech zwischen den Polen eines Magneten.

Auf den schweizerischen Erdbebenwarten in Zürich, Basel, Chur und Neuchâtel ist der große Universal-

seismograph von A. de Quervain und A. Piccard in Betrieb. Er stellt ein einfaches Pendel dar, in dessen Pendelstange eine vierfache Feder (Prinzip Abb. 3a) eingeschaltet ist. Die dreidimensionale Bewegung der Masse wird durch drei Hebelübertragungen auf einem gemeinsamen Registrierstreifen aufgezeichnet (Pendellänge 470 cm, Masse 21 Tonnen, Eigenschwingung zirka 3 sec. mechanische Vergrößerung $10 \times 10 \times 20$). In Zürich funktioniert ferner ein zweifaches Mainkapendel von 450 kg und ein Vertikalseismograph von 1000 kg.
M. Grütter, Zürich

NEUHEITEN AUS DER TECHNIK

Radar als Blindenhund

Die blinden Fledermäuse orientieren sich dadurch, daß sie dem menschlichen Ohr nicht mehr hörbare Ultraschallschreie ausstoßen und Hindernisse durch die zurückkommenden Echos erkennen. Auf einer ähnlichen Echolotung mit elektrischen Wellen beruht ja bekanntlich auch das Radar. Nun wurden in Amerika kleine Radarapparate für Blinde entwickelt. Die moderne Röhrentechnik macht es möglich, ganz kleine Radarsender herzustellen, etwa in der Größe einer Taschen-

lampe. Die von dem Sender ausgestrahlten Radarwellen werden von den Hindernissen, vor denen sich der Blinde befindet, zurückgeworfen und von derselben Röhre empfangen, was eine besondere Schaltung ermöglicht. Der Apparat zeigt dann dem blinden Träger an, in welcher Entfernung und in welcher Richtung sich das gefährliche Hindernis befindet und ersetzt so vollauf einen Blindenhund.
Dr. F. Cap

Berichtigung: Im Artikel «Wann kommen die Atomkraftwerke» ist ein sinnstörender Fehler unterlaufen. Auf Seite 316, linke Spalte, im letzten Absatz sollte es statt «Elektronen» «Neutronen» heißen.

KLEINANZEIGEN

Einheitspreis für 3 Zeilen 5 Fr., für jede weitere Zeile Fr. 1.50. Aufträge nur gegen Vorauszahlung unter dem Titel «Kleinanzeigen» auf der Rückseite des Einzahlungsscheines (Postcheck VIII c 10 Frauenfeld). Inseratschluß am 10. des Vormonates. Anfragen auf Chiffre-Inserate sind an die Annoncen-Verwaltung der Zeitschrift Prisma, Huber & Co. AG., Frauenfeld, zu richten.

BÜCHER

Minerva, Jahrbuch der gelehrten Welt, Abt. Universitäten und Fachhochschulen, zu kaufen gesucht. Angebote unter Chiffre K 7499.

Gesucht vollständige Ausgabe von **Brehms Tierleben**, antiquarisch. Offerten unter Chiffre H 692.

CAMPING

Zelt für 3 Personen mit Sonnendach und wasserdichtem Boden zu verkaufen. Anfragen unter Chiffre H 1421.

MASCHINEN

Suche kleine Dampfmaschine, geeignet für Meccano u.ä. Angebote unter Chiffre H 640.

MINERALIEN

Suche angeschliffene Steine, gut ausgebildete Einzelkristalle zu Studienzwecken. Angebote unter Chiffre H 639

KINEMATOGRAFIE

Zu verkaufen **Kino-Aufnahmekamera**, 16 mm, Agfa Movex, sowie verschiedene interessante Tierfilme. Anfragen unter Chiffre H 637.

Gesucht guter, gebrauchter **Projektionsapparat** für Leica-Diapositive. Offerten unter Chiffre H 694.

Zu kaufen gesucht erstklassiger **Kleinbildprojektor** evtl. mit Leinwand. Offerten unter Chiffre H 697.

PHOTOGRAPHIE

Biete **Voigtländer «Bergheil» Kamera** F. 4,5 mit Teleobjektiv, suche Rolleiflex in Tausch. Angebote unter Chiffre H 630.

Zu kaufen gesucht **Spiegelreflexkamera** mit guter Optik, handliches Format. Offerten unter Chiffre H 695.

Biete **Kine-Exakta**, vergütete Optik Zeiß Biotar 1:2, fabriken, ungebraucht, 890 Fr. Neupreis ca. 1400 Franken. Offerten unter Chiffre P 701

MIKROSKOPIE

Gesucht guterhaltenes **Mikroskop**. Offerten mit Angabe von Optik Zubehör und Preis an H 698.

SPORTARTIKEL

Verkaufe **Pickel, Seil 13 mm, Steig-eisen** in einwandfreiem Zustande. Anfragen unter Chiffre H 640.

STELLEN-ANZEIGER

Naturfreund sucht **Mitarbeit** eventuell Beteiligung in Obstbaumschule o.ä. Angebote unter Chiffre H 631.

Zoologischer Präparator sucht Dauerstellung in Museum, Institut oder dergl. Angebote unter Chiffre K 7497.

VERSCHIEDENES

Biete **Hensoldt-Prismenglas** 6×30 , suche naturwissenschaftliche Bücher aller Art. Angebote mit Angabe der offerierten Titel an Chiffre H 629.