

Über einen Erdbeben-Registrator mit elektrisch-photographischer Aufzeichnung des Zeitmomentes des Stosses

von

L. Pfaundler,
w. M. k. Akad.

(Mit 3 Textfiguren.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 8. Juli 1897.)

Aus den Sitzungsberichten der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien.
Mathem.-naturw. Classe; Bd. CVI. Abth. II. a. Juli 1897.

WIEN, 1897.

AUS DER KAISERLICH-KÖNIGLICHEN HOF- UND STAATSDRUCKEREL

IN COMMISSION BEI CARL GEROLD'S SOHN,
BUCHHÄNDLER DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

Über einen Erdbeben-Registrator mit elektrisch-photographischer Aufzeichnung des Zeitmomentes des Stosses

von

L. Pfaundler,
w. M. k. Akad.

(Mit 3 Textfiguren.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 8. Juli 1897.)

Vorbemerkungen über die Methode.

Die Seismographen sollen Richtung und Amplitude der Oscillationen und den Zeitmoment derselben registriren. Obwohl schon ziemlich viele sehr sinnreiche Constructionen für diese mehrfache Aufgabe angegeben und auch ausgeführt worden sind, so kann man doch nicht sagen, dass sie vollständig entsprechen. Für die Aufzeichnung der Oscillationen nach Richtung und Amplitude scheinen die neueren Horizontalpendel zu genügen; aber für die Notirung der Zeiten sind die bisherigen Apparate ungenügend.

Soll diese Notirung einen Werth haben für die Berechnung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit etc., so muss sie mindestens auf die Secunde genau sein. Die Registrirung auf einem sich abwickelnden Papierstreifen, der durch ein Uhrwerk bewegt wird, ist aber nicht leicht bis zu dieser Genauigkeit einzurichten. Sollen die dem Intervall einer Zeitsecunde entsprechenden Registrirmarken noch sicher abzulesen sein, so müssen sie ungefähr $\frac{1}{2}$ mm von einander abstehen. Der Papierstreifen muss daher per Minute um 30 mm, also per Stunde um 1800 mm vorrücken. Das macht per Tag über 43 m, per Jahr über $15\frac{1}{2}$ km Papierstreifen! Abgesehen von diesem Papieraufwande, ist es wohl sehr schwierig, einen Papierstreifen trotz der Reibung und

der Gefahr des Gleitens, der Veränderung seiner Länge durch Feuchtigkeit u. s. w. mit der Genauigkeit von $\frac{1}{2}$ mm per Zeitsecunde in Bewegung zu erhalten. Ich halte es daher für zweckmässiger, für die Zeitregistrirung einen separaten Apparat aufzustellen und denselben mit einer Uhr derartig in Verbindung zu setzen, dass deren genauer Gang durch die Registrirung gar nicht beeinträchtigt werden kann.

Als einfachste Lösung dieser Aufgabe erscheint es, das Zifferblatt der ganz selbständig functionirenden Uhr im Moment des Erdstosses zu photographiren, indem man das hiezu nöthige momentane Licht durch den Erdstoss selbst hervorrufen lässt. Zu diesem Zwecke stellen wir in einem abgedunkelten Raume dem Zifferblatte der Uhr, die mit einem Secundenzeiger ausgerüstet sein muss, ein photographisches Objectiv gegenüber und ein paar Glühlämpchen zur Seite, deren Licht durch Reflectoren auf das Zifferblatt geworfen, aber vom directen Bestrahlen des Objectives abgehalten wird. An Stelle der Mattscheibe der photographischen Camera wird eine gewöhnliche Bromsilbergelatinplatte mittelst Cassette eingesetzt. Es handelt sich dann nur noch um die Art und Weise, wie der zum Betriebe dieser Glühlämpchen nöthige Strom durch das Erdbeben eingeleitet werden soll. Eine einfache Contactvorrichtung an einem aufgehängten Pendel, z. B. ein am Pendel angebrachter Stift, der in einem engen Ringe derartig hängt, dass er bei Ruhelage eben noch nicht berührt, aber bei Oscillationen in Berührung tritt, ist dazu nicht geeignet, denn jeder Stoss würde dann eine Reihe von Schwingungen und Contacts geben, welchen eine Reihe von Belichtungen der Platte entsprechen, wodurch das Bild des Stundenzeigers unscharf und verbreitert erscheinen müsste. Die Einrichtung muss vielmehr derartig sein, dass nach dem ersten Stoss, beziehungsweise auf die erste Belichtung nicht sofort wieder eine solche erfolgen kann.

Allerdings wäre es wünschenswerth, dass der Apparat befähigt wäre, nach Verlauf einiger Minuten oder später einen weiteren Stoss neuerdings zu registriren. Es wäre dies durch langsame Rotation (oder Geradeführung) der empfindlichen Platte nicht schwierig zu bewerkstelligen. Ich glaube mich indess zunächst im Interesse der Einfachheit und der geringeren

Herstellungskosten des Apparates mit einer solchen Construction begnügen zu sollen, welche nur die erste über eine gewisse Intensitätsschwelle hinausgehende Erschütterung registriert und zugleich durch ein von da an ertönendes Alarm-signal die mit der Beaufsichtigung des Apparates beauftragte Person benachrichtigt, damit dieselbe den Apparat sofort zur Aufnahme eines weiteren Signals in Stand setzen kann.

Dazu kommt noch eine andere Bedingung. Der durch den Erdstoss zu Stande kommende Stromschluss darf in seiner Dauer nicht von der Stärke des Stosses beeinflusst werden; denn ein zu kurzer Stromschluss würde den Glühlampen nicht die nöthige Zeit lassen, um hell genug aufzuleuchten; ein zu langer Stromschluss dagegen würde durch Verlängerung der Beleuchtung die Deutlichkeit und Schärfe des Zeigerbildes, also auch die Genauigkeit der Zeitpunktsbestimmung beeinträchtigen. Die Stromschlussdauer muss vielmehr ganz unabhängig von der Intensität des Erdbebens so regulirt werden, dass eben noch ein deutliches Momentbild auf der Platte erhalten wird. Vorversuche haben ergeben, dass mit zwei Glühlämpchen von $5\frac{1}{2}$ Volt leicht ein scharfes Bild des von Fünftel- zu Fünftel-Secunde fortspringenden Secundenzeigers einer Taschenuhr zu erhalten ist. Es scheint also eine $\frac{1}{5}$ Secunden lange Belichtung mit dieser Lichtquelle zu genügen. Das Zeitintervall zwischen dem Momente des Stosses und dem Eintritte der photographischen Wirkung ist nicht verschwindend klein, aber constant und beträgt jedenfalls nur Bruchtheile einer Secunde. Es kann eventuell in Rechnung gebracht werden, wenn es nicht durch den Gebrauch zweier gleicher Apparate an beiden Stationen, zwischen denen die Zeitdifferenz gemessen werden soll, ohnehin eliminirt wird.

Nach diesen Vorbemerkungen gehe ich nun an die

Beschreibung des Registrirapparates.

Derselbe besteht aus vier von einander unabhängigen, an getrennten Orten aufstellbaren und nur durch Leitungsdrähte zu verbindenden Bestandtheilen, nämlich:

dem Contactapparat,
der photographischen Camera,

dem Lätewerk und
der galvanischen Batterie.

Die schematische Figur 1 zeigt das Zusammenwirken und die Verbindungen dieser Theile, die Figuren 2 und 3 geben perspectivische Ansichten.

Der Contactapparat besteht aus der eisernen, kreisrunden Grundplatte G , in deren Mitte der cylindrische Stahlstab S von 2.4 mm Dicke und 30 cm Länge senkrecht befestigt ist. Derselbe geht durch eine seitliche Öffnung eines blechernen Trichters T , ohne denselben zu berühren und endet oben in einen kleinen Aufsatz von Messing mit einer schalenförmigen Vertiefung von 0.6 oder 0.8 mm Durchmesser. In diese Vertiefung legt man eine Marmorkugel K , wobei man sich einer kleinen, beigegebenen Hilfsvorrichtung bedienen kann. Ein leiser Stoss, der die Grundplatte trifft, bringt die Kugel zum Fallen.¹ Sie fällt in die kleine Schale s , welche den Hebel sm in Bewegung setzt, so dass die Schale s sinkt und das regulirbare Gegengewicht steigt. Der prismatische Träger P aus Eisen, der auch den Trichter hält, trägt die Axe der

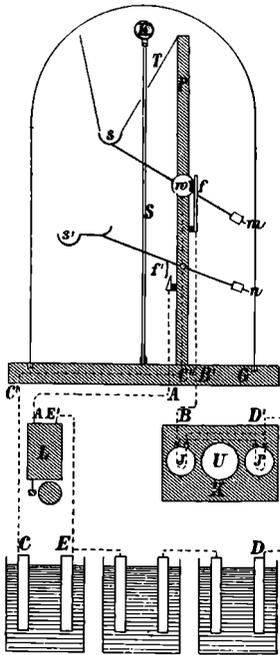


Fig. 1.

messingenen Walze w , an welcher der Hebel sm befestigt ist. Die isolirte Contactfeder f liegt an der Walze an. Bei der Anfangsstellung von sm ist jedoch der Contact zwischen f und w durch ein Hartgummistück unterbrochen; derselbe wird aber

¹ Ob die Kugel durch schwächere oder etwas stärkere Stöße zum Fallen kommt, hängt allerdings von dem Verhältniss der Schwingungsdauer des Stahlstabes zur Oscillationsperiode des Erdbebens ab. Eine Reihe abgestimmter solcher Stahlstäbe würde wohl über letztere Aufschlüsse zu geben im Stande sein.

hergestellt, indem die Schale s mit der Kugel sinkt und wird erst wieder unterbrochen, nachdem die Kugel aus der Schale s in die untere Schale s' abgegeben worden und der Hebel wieder gestiegen ist. Dieser Stromschluss ist es, der die Glühlampen auf einen

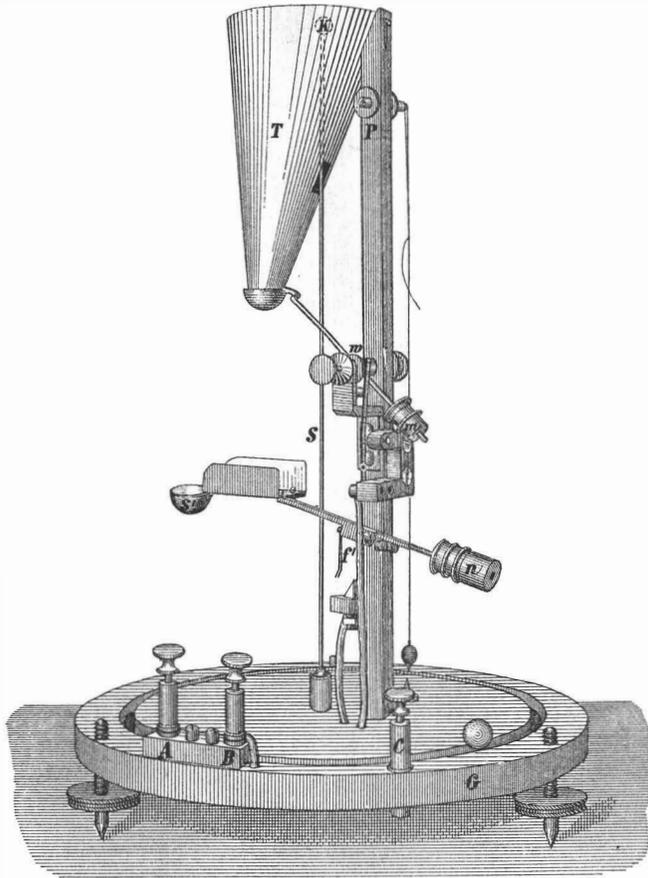


Fig. 2.

Moment aufleuchten lässt. Die in die Schale s' abgegebene Kugel bewirkt nun ein Sinken des unteren Hebels $s'n$ und hiedurch einen andauernden Stromschluss an der Feder f' , wodurch das Lätewerk in Gang gesetzt wird, welches fortläutet, bis die Kugel aus der Schale s' herausgenommen wird.

Damit die Contacte nicht versagen, sind dieselben nicht auf blosse Berührung, sondern auf Reibung eingerichtet und die Reibflächen mit Platin belegt. Sie haben in der That noch nie versagt, obwohl sie im Laufe von vielen Monaten oft geprüft wurden. Um den Apparat vor Staub etc. zu schützen, ist er mit einer Glasglocke, die in eine kreisrunde Nuth der Grundplatte passt, bedeckt.

Drei Fusschrauben und ein Senkel gestatten, den Apparat immer wieder in gleicher Lage aufzustellen. Fig. 2 gibt eine

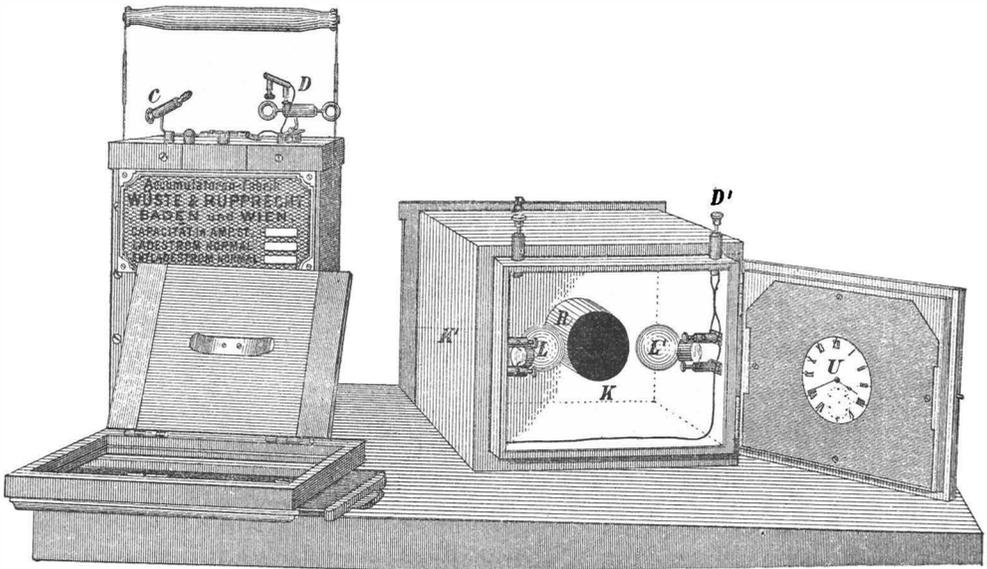


Fig. 3.

Abbildung mit Weglassung der Glasglocke nach einer photographischen Aufnahme in ungefähr $\frac{2}{7}$ der natürlichen Grösse.

Die photographische Camera (Fig. 3) besteht aus dem Holzkasten *K*, der in dem weiteren Kasten *K'* lichtdicht verschiebbar ist. Der erstere ist mit einer in Charnieren beweglichen Thüre verschliessbar, in deren Mitte eine sicher gehende Taschenuhr befestigt wird, so dass sie ihr Zifferblatt dem Innern zukehrt. Die beiden Glühlämpchen *l* und *l'*, welche an den Zuleitungsklemmen leicht ausgewechselt werden können, beleuchten das Zifferblatt während des Stromschlusses. Die

Röhre R schützt das dahinter befestigte Objectiv (ein Extra-Rapidlinkeioskop von Görz, Ser. C , Nr. 000, von 6 cm Brennweite) vor directer Bestrahlung. Rückwärts ist der Kasten K' mit einer rechteckigen Öffnung versehen, vor welcher eine photographische Cassette gewöhnlicher Form eingeschoben werden kann, und zwar so, dass nacheinander zwei Aufnahmen des Zifferblattes auf einer Trockenplatte von 9×12 cm Format gemacht werden können. Diese Cassette ist in Fig. 3, daneben im geöffneten Zustande abgebildet. Zur genauen Einstellung der Camera ist eine Mattscheibe beigegeben. Die äusseren Klemmen B und D' , welche den Strom zuführen, sind in der aus Fig. 1 ersichtlichen Weise durch Drähte mit dem Contactapparat einerseits und mit der Batterie anderseits zu verbinden. Sie führen den Strom den Lampen in der Weise zu, dass dieselben nicht hintereinander, sondern nebeneinander eingeschaltet sind. Es hat dies den Vortheil, dass man mit einer Batterie von wenigen Elementen ausreicht und im Falle des Versagens einer Lampe immer noch ein brauchbares Bild erhalten wird. Doch hat das Anbringen zweier Lampen insbesondere den Zweck, das Entstehen eines dunkeln Schattens des Secundenzeigers zu verhindern.

Das Lätewerk (nur in Fig. 1 schematisch dargestellt) ist von der gewöhnlichen Form und wird einerseits mit der Klemme A des Contactapparates, anderseits mit der Batterie, und zwar derartig in Verbindung gebracht, dass nur eine einzige Zelle derselben in Anspruch genommen wird. Der Strom der ganzen Batterie würde nämlich überflüssig stark sein. Nur wenn etwa das Lätewerk sehr weit von den übrigen Apparaten entfernt und mit verhältnissmässig dünnen Drahtleitungen mit denselben verbunden wäre, müssten eventuell wegen des grösseren Widerstandes zwei oder alle drei Elemente in diese Leitung eingeschaltet werden.

Die Batterie. Als solche eignet sich weitaus am besten ein kleiner Accumulator von drei Elementen, dessen Klemmenspannung von ungefähr $5\frac{1}{2}$ —6 Volt zu den angewendeten Glühlämpchen passt. Man könnte zwar auch mit einer grösseren Anzahl theilweise parallel geschalteter Leclanché-Elemente den Zweck erreichen, aber man braucht, um die nöthige Strom-

stärke zu erreichen, deren so viele, beziehungsweise so grosse Exemplare, dass ihr Preis nicht billiger zu stehen kommt, als der einer kleinen Accumulatorenbatterie von drei Elementen, welche, einmal geladen, durch viele Monate sicher und ohne jeden Aufwand functionirt. Wenn dieser Accumulator frisch geladen ist, so kann seine Spannung im ersten Moment für die Glühlampen zu gross und desshalb gefährlich sein. Man muss daher den ersten Abfall der Spannung abwarten, eventuell künstlich durch einen anderweitigen Stromschluss herbeiführen.

Aufstellung des Apparates.

Der Contactapparat kommt natürlich an einen vor anderweitigen Erschütterungen möglichst geschützten Ort auf eine feste Unterlage zu stehen. Die betreffende Localität soll auch nicht feucht sein, damit Rostbildung vermieden wird. Vor Staub schützt die Glasglocke. Die Camera kommt an einen Ort, dessen tägliche Begehung wenig Mühe macht, der aber insbesondere trocken sein soll, damit die Holztheile, die Uhr und die Trockenplatte nicht durch Feuchtigkeit leiden. Es ist wünschenswerth, wenn auch nicht nothwendig, dass die Camera nicht allzuweit, sagen wir nicht über 10—20 *m* von dem Contactapparat und der Batterie entfernt aufgestellt werde, damit der Leitungswiderstand der Verbindungsdrähte nicht die Spannung an den Glühlampen allzusehr herabsetze. Wäre dies der Fall, was an dem zu schwachen Leuchten der Lampen zu erkennen wäre, so müssten entweder die Leitungsdrähte verstärkt oder eine vierte Zelle zum Accumulator zugeschaltet werden. Das Lätewerk kommt natürlich an denjenigen Ort, wo sein Läuten am ehesten gehört wird. Die Verbindung aller Theile ist aus der Fig. 1 genügend ersichtlich, also nicht weiter zu besprechen. Die Beschickung des Accumulators mit verdünnter Schwefelsäure und die Ladung desselben wird als bekannt vorausgesetzt.

Ist der Apparat aufgestellt, so wird zunächst die Mattscheibe und die Uhr eingesetzt, mit dem Deckel aus Pappe überdeckt und geprüft, ob beim Contact ein scharfes und genügend helles Bild auf der Mattscheibe entsteht. Die scharfe Einstellung erfolgt durch Verschieben des inneren Kastens *K*

in dem äusseren *K'*. Dann wird die im Dunkeln mit der Trockenplatte beschickte Cassette eingeschoben.¹ Für dieselbe sind zwei verschiedene Einstellungen markirt, um im Nothfalle gleich eine zweite Aufnahme zu ermöglichen. Mit dem Aufziehen des Cassettenschiebers wartet man natürlich, bis am Contactapparat die Kugel aufgesetzt und die Glasglocke übergedeckt ist.

Das Aufsetzen der Kugel gelingt zwar bei einiger Übung aus freier Hand. Sind aber die Finger feucht, so macht es manchmal Schwierigkeiten. Es ist deshalb eine kleine Vorrichtung beigegeben, welche aus einem aufgeschnittenen Ringe mit zwei Handhaben besteht. Mittelst derselben bewerkstelligt man das Aufsetzen der Kugel, wenn man nicht eine sehr unruhige Hand hat, ziemlich sicher. Erst wenn das alles in Ordnung, öffnet man zuletzt den Cassettenschieber.

Die tägliche Bedienung des Apparates beschränkt sich auf das einmalige Aufziehen der Uhr. Zu diesem Zwecke wird aber jedesmal vorher der Cassettenschieber geschlossen und nach dem Einsetzen der Uhr und Verschliessen der Camera wieder herausgezogen. Alle Monate einmal (ungefähr) erneuert man die Trockenplatte.² Man benützt diese Gelegenheit, um durch ein künstliches Erdbeben das richtige Functioniren des Apparates zu erproben. Man gibt also dem Contactapparat einen Stoss, beobachtet das Spiel der Hebel, schliesst dann den Cassettendeckel und begibt sich mit der abgenommenen Cassette in die Dunkelkammer, wo man die Platte herausnimmt und entwickelt. Kann man dies nicht selbst machen, so wendet man sich an einen Photographen. Gleich nach der Probe ersetzt man die Cassette durch die mit einer neuen Trockenplatte versehenen Reservecassette, bringt die Kugel an ihren Ort zurück und öffnet dann erst wieder den Schieber der Cassette.

¹ Hat man keine Dunkelkammer, so fülle man die Cassette zur Nachtzeit beim Lichte einer rothen Lampe (oder ganz im Finstern) oder wende sich an irgend einen Berufs- oder Amateurphotographen.

² Da neue Cassetten wegen der Ausdünstung des Holzes und Lackes die Platten nach ein paar Wochen verschleiern, so muss die Auswechslung der letzteren im ersten Jahre öfters geschehen, während sich in einer alten Cassette die Platten monatelang gut erhalten, wenn die Localität trocken ist.

Hat ein Erdbeben stattgefunden, welches am Apparat registriert wurde, wovon man durch das Läutewerk benachrichtigt wird, so nimmt man sofort die Glocke ab, die Kugel aus der Schale s' heraus, worauf das Läutewerk zum Schweigen kommt. Dann schliesst man den Cassettenschieber und verschiebt die Cassette auf die zweite Marke, setzt dann die Kugel wieder auf, zieht den Cassettenschieber auf und hat so für ein zweites Erdbeben vorgesorgt. Inzwischen beschickt man die Reservecassette mit einer neuen Trockenplatte. Diese setzt man an Stelle der früheren ein und entwickelt nun, ohne sich beeilen zu müssen, die exponierte gewesene Platte oder schickt sie in der verschlossenen Cassette zu diesem Zwecke an einen Photographen. Dagegen ist es dringend erwünscht, die Uhr an demselben Tage noch mit einer astronomischen Uhr, eventuell auf telegraphischem Wege, genau zu vergleichen. Vollkommener wäre freilich die Einrichtung, wenn die benützte Uhr selbst eine astronomische Pendeluhr sein könnte. Aber die grossen Kosten einer solchen und der Umstand, dass der Gang derselben doch erst wiederum nach astronomischer Methode controliert werden müsste, haben mich veranlasst, die beschriebene Anordnung zu wählen. Der Leiter der Erdbebenstation kann so die Uhr herausnehmen und mit ihr direct zum Astronomen oder zu einem Telegraphenamte gehen, um den »Stand« seiner Uhr mit einer Normaluhr zu vergleichen. Soll inzwischen der Erdbebenapparat functionsfähig bleiben, so muss freilich durch eine Zwischenuhr die indirecte Vergleichung durchgeführt werden, was aber weniger genau ist.

Die Drehaxen des Contactapparates sind jährlich einmal mit feinem Uhrenöl zu schmieren; am Accumulator ist rechtzeitig vorzusorgen, dass das verdunstende Wasser ersetzt werde, damit die Zellen immer vollgefüllt bleiben. Hat seine Spannung soweit nachgelassen, dass die Lampen nicht mehr genug leuchten, so muss er nachgeladen werden. Bei dem von mir benützten Accumulator war dies erst nach einem halben Jahre nöthig. Sehr zu empfehlen ist die Benützung eines kleinen Voltmeters (Accumulatorenprüfers) zur Messung der Spannung. Man schreitet spätestens zur Nachladung, wenn der Accumulator per Zelle auf 1·8 Volt in seiner Spannung gesunken ist.

Wegen des Vorganges bei der Nachladung ist ein Fachmann zu Rathe zu ziehen.

Der eben beschriebene Apparat ist im physikalischen Institute während eines halben Jahres über hundertmal durch künstliches Beben auf sein sicheres Functioniren geprüft worden und hat hiebei nie versagt. Ich hoffe daher, dass er sich bei geeigneter Behandlung auch künftig bewähren werde.