

Photographische Registrirung

von

Störungen magnetischer und elektrischer
Messinstrumente durch elektrische Strassenbahnströme,
und deren Verhütung.

Mit einer Planskizze und zwei Curventafeln.

Von

A. Voller.

Das elektrische Strassenbahnen, insbesondere solche mit oberirdischer Stromzuführung und Schienenrückleitung, das magnetische Feld der Spiegelinstrumente der Laboratorien in störender Weise beeinflussen, ist bekannt. Schon vor längerer Zeit hat Herr Prof. *Dorn* in Halle darauf hingewiesen, dass für physikalische Laboratorien die Nähe elektrischer Bahnen verhängnissvoll werden könne; im 47. Heft der Elektrotechnischen Zeitschrift 1893 haben daraufhin die Herren *Hartwich* und *Cohn* die mögliche Grösse der zu erwartenden Störungen rechnerisch zu ermitteln versucht. Auch Herr Prof. *Meyer* in Breslau hatte schon im Jahre 1893 Störungen wahrgenommen und genauer beobachtet.

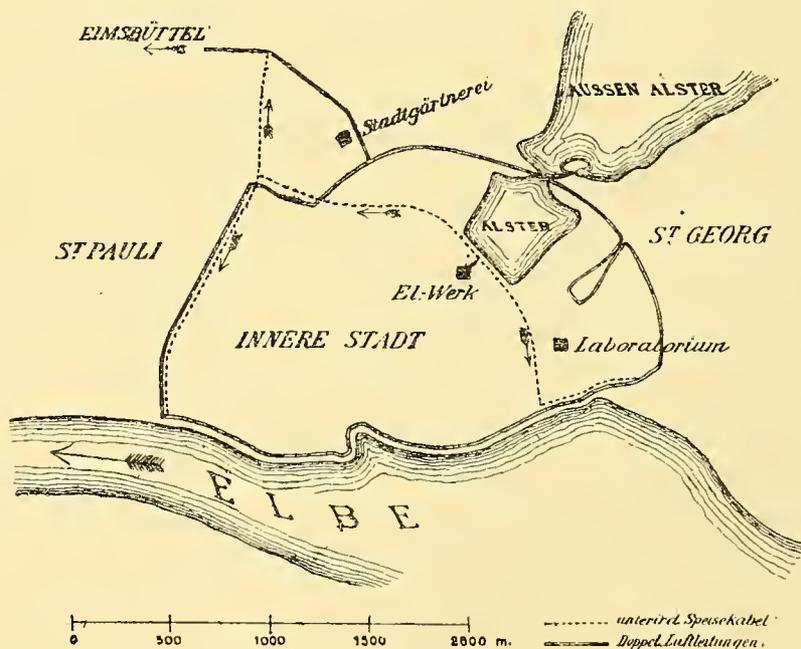
Für das physikalische Staatslaboratorium in Hamburg ist ein Neubau beschlossen. Es war daher mit Rücksicht auf die Wahl des Bauplatzes von Wichtigkeit, den Störungseinflüssen der elektrischen Bahnen besondere Aufmerksamkeit zu schenken, da die Umwandlung des gesammten Strassenbahnnetzes für elektrischen Betrieb in der Ausführung begriffen ist. Die Herren Prof. *Dorn* in Halle und Prof. *Meyer* in Breslau hatten die Freundlichkeit, mir auf meinen Wunsch über ihre Erfahrungen privatim Näheres mitzutheilen; letzterer hat bald darauf gemeinsam mit Herrn *Mützel* im 3. Heft der Elektrotechnischen Zeitschrift 1894 über die gemachten Beobachtungen ausführlicher berichtet.

Im Allgemeinen kann es gegenwärtig als erwiesen angesehen werden, dass die in Rede stehenden Störungen zum grossen Theil weniger durch die inductiven Wirkungen der in den Luft- oder Wagenleitungen vorhandenen Ströme als vielmehr der aus den Schienen austretenden sogen. vagabondirenden Erdströme veranlasst werden. Der Grund dafür liegt darin, dass die vagabondirenden Erdströme weite Gebiete des Erdreichs in breitem, wenn auch an der einzelnen Stelle wenig intensivem Strome durchfliessen, so dass sie unter Umständen auch den Untergrund der Laboratorien erfüllen und den Instrumenten durch ihre Gesamtwirkung gefährlicher werden, als dies bei den Luftleitungen im Allgemeinen der Fall ist. In solchen Fällen namentlich, in welchen eine elektrisch betriebene Ringlinie mit central belegener Maschinenstation vorhanden ist, muss der von der Linie eingeschlossene Raum geradezu wie ein elektrisches Ueberschwemmungsgebiet bezeichnet werden, da dann wegen des besonders kurzen Weges, den die Erdströme durch den Boden zurückzulegen haben, die Tendenz

110 Photographische Registrierung von Störungen magnetischer und elektrischer

eines radialen Abfließens derselben von der Ringlinie zum Erdpole der Station besonders gross ist. Innerhalb einer solchen Ringlinie wird daher die Entfernung der Instrumente von den Luftleitungen weniger ins Gewicht fallen; die Störungen werden sich an jedem Punkte stark bemerkbar machen, während sie ausserhalb der Linie schon in mässigem Abstände gering sein werden. Dagegen wird bei radial verlaufenden Linien für die die Schienen verlassenden Erdströme ein weniger günstiges Widerstandsverhältniss des Erdbodens vorhanden sein; sie werden im Allgemeinen schwächer sein wie innerhalb einer Ringlinie und werden vorwiegend entlang den Schienen, bei zunehmendem Abstände mit abnehmender Stärke, verlaufen.

Diese auf Grund der bisherigen Erfahrungen als wahrscheinlich anzusehenden Schlussfolgerungen mussten für die Wahl der Lage des neuen Laboratoriumsgebäudes mitbestimmend sein. Als Bauplatz hierfür ist die bisherige Stadtgärtnerei als in jeder sonstigen Beziehung sehr geeignet, namentlich auch der ruhigen Lage wegen, in Aussicht genommen. Dieser Platz liegt einerseits der jetzt seit Jahresfrist elektrisch betriebenen



Ringbahn um die innere Stadt, andererseits der ungefähr radial verlaufenden, jetzt ebenfalls elektrischen Linie Pferdemarkt-Eimsbüttler Kirche ziemlich nahe. (Vergl. die Planskizze). Die Entfernung des zukünftigen Standortes der Instrumente von den nächsten Punkten dieser beiden Linien beträgt von der Ringbahn etwa 150 m, von der Radiallinie 80 m; jedoch liegt der Platz ausserhalb der Ringbahn. Ich nahm daher an, dass die Störungen der Instrumente hier erträglich sein würden, hielt es jedoch für angemessen, das Terrain vor der endgültigen Entscheidung in elektrischer Beziehung zu untersuchen. Die Gelegenheit hierzu war deshalb besonders günstig, weil die ersten Beobachtungen schon im Februar 1894, noch vor

Eröffnung des elektrischen Betriebes, gemacht werden konnten, so dass etwaige sonstige dort vorhandene Beeinflussungen der Instrumente, z. B. durch Lichtleitungen, bewegte Eisenmassen von vorüberfahrenden Wagen und dergl., besonders ermittelt werden konnten.

Die Beobachtungen in der Stadtgärtnerei wurden an einem Edelmann'schen Spiegelgalvanometer mit Kupferdämpfung ausgeführt. Dasselbe wurde in einem geschlossenen Holzschuppen, möglichst vor Wind und sonstigen Erschütterungsursachen geschützt, aufgestellt und seine Ablenkungen mittelst Skalen-Fernrohr abgelesen. Letzteres war in einem Zimmer der Gärtnerwohnung fest aufgestellt; der Abstand der Skala vom Spiegel betrug 10,5 m. Es wurden im Allgemeinen die Spiegelablenkungen beobachtet, welche ohne Stromdurchgang durch die Spulen des Instrumentes, also lediglich in Folge der Aenderungen der erdmagnetischen Richtkraft, zu Stande kamen. Ausserdem wurden jedoch, nach Prof. Meyer's Vorgang, auch vermittelt zweier in nörd-südlicher Richtung in den Boden eingegrabener Kupferplatten, welche durch Leitungen mit dem Instrumente verbunden waren, die in diese eintretenden Erdströme unmittelbar beobachtet.

Die vor dem Beginne des elektrischen Betriebes wiederholt angestellten Versuche ergaben, so lange die Erdplatten ausgeschaltet waren, die völlige Abwesenheit aller etwa denkbaren störenden Ursachen; der Spiegel des Instrumentes verharrte in Ruhe. Wurden dagegen die Erdplatten eingeschaltet, so zeigten sich, wie übrigens mit Rücksicht auf die unvermeidliche Verschiedenheit der Oberflächenbeschaffenheit der Platten erwartet worden war, Erdströme, welche Ausschläge von 40—60 Skalentheilen (Doppel-mm) erzeugten. Die Empfindlichkeit des Instrumentes war vermittelt eines astasirenden Hilfsmagneten so eingestellt worden, dass unter Verwendung nur einer Galvanometerrolle $6,7 \cdot 10^{-8}$ A einen Skalentheil Ausschlag ergaben. Die beobachteten Erdströme erreichten somit etwa 0,000004 A und da der Widerstand der Rolle und der Zuleitungsdrähte ungefähr 70 Ω betrug, so herrschte zwischen den Erdplatten eine Potentialdifferenz von etwa 0,0003 Volt. — Die Versuche wurden an verschiedenen Tagen angestellt und ergaben im Wesentlichen stets das nämliche Resultat.

Im März 1894 wurde der elektrische Betrieb auf der Ringbahn eröffnet, in beiden Richtungen mit einer grösseren Anzahl von Wagen, nach je 5 Minuten aufeinander folgend. Nach den oben erwähnten sonstigen Erfahrungen konnte erwartet werden, dass sich nunmehr Störungen an den Instrumenten zeigen würden, jedoch wegen der Lage des Beobachtungsortes in etwa 150 m Abstand von der Ringlinie und ausserhalb derselben nur in geringem Grade. Die Beobachtungen bestätigten dies. So lange die Erdplatten

ausgeschaltet blieben, zeigte der Magnetspiegel des Instrumentes, trotz des grossen Abstandes des Skalenfernrohres (10,5 m) nur mässige Skalenschiebungen. Dieselben bestanden in einem mehr oder weniger langsamen Schwingen um eine mittlere Lage, ohne dass ein Vorherrschen der Ablenkung nach der einen oder andern Seite hin mit Sicherheit festgestellt werden konnte. Die Ablenkungen erreichten zuweilen ± 1 —2 Skalentheile, entsprechend etwa 1 Bogenminute. Zwischen diesen stossweise folgenden Ablenkungen lagen jedoch immer längere, mehrere Minuten dauernde Zwischenräume, in denen die Bewegung des Magnetspiegels weit geringer war. Ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen den unregelmässig und stossweise auftretenden stärkeren Ablenkungen und dem Vorbeifahren der elektrischen Wagen über das 150 m weit entfernte Ringbahngleise, wie Herr Prof. *Meyer-Breslau* bei weit kleinerer Entfernung einen solchen hatte beobachten können, war hier in keiner Weise festzustellen.

Als die Erdplatten mit der Rolle des Instrumentes zu einem Stromkreise geschlossen wurden, zeigten sich jetzt stärkere Erdströme als vor der Eröffnung des elektrischen Betriebes; sie betrug gewöhnlich bis zu 100 Skalentheilen, entsprechend etwa 0,0005 Volt Plattenpotentialdifferenz, wurden aber zuweilen so stark, dass die Skala aus dem Gesichtsfelde verschwand. Auffällig war hierbei, dass die Stromrichtung zuweilen plötzlich wechselte und die Ablenkung in entgegengesetzter Richtung ungefähr dieselbe Grösse erreichte, wie vorher. Es war nicht zu entscheiden, ob die eingetretene Verstärkung und diese wechselnde Richtung der Erdströme mit Wirkungen der Strassenbahnströme in Zusammenhang stand oder durch wechselndes Verhalten der Erdplatten bedingt war.

Der Beginn des elektrischen Betriebes auf der in 80 m Entfernung vorübergehenden Linie Pferdemarkt-Eimsbüttel verzögerte sich bis zum Mai v. J. Diese Linie läuft zu einem grossen Theil auf den Geleisen der Ringbahn, zweigt aber kurz vor der Stadtgärtnerei in radialer Richtung ab. Am 17. Mai konnten die ersten Beobachtungen gemacht werden. Das Instrument war, wie gewöhnlich, schwach astasirt, so dass das magnetische Feld der Erde in der Umgebung des Magneten etwa auf die Hälfte reducirt war. Es ergab sich eine wesentliche Steigerung der Störungen, deren Charakter im Uebrigen derselbe blieb. Die Schwingungen des Magneten um eine mittlere Lage betrug jetzt stetig mehrere Skalentheile, etwa 1—2 Bogenminuten Ablenkung entsprechend; in einzelnen Fällen traten aber auch stossweise Ablenkungen von 3—5 Bogenminuten ein. Ein besonderer Einfluss vorbeifahrender elektrischer Wagen war wieder nicht zu erkennen.

An einem der folgenden Tage erwiesen sich die Störungen dauernd geringer und überstiegen niemals 2 Bogenminuten; es war nicht zu entscheiden, ob das inzwischen eingetretene trockene Wetter eine Erhöhung des Erd-

widerstandes und dadurch eine Verringerung der Erdströme bewirkt hatte. — Das Verhalten des Instrumentes bei Einschaltung der Erdplatten war dasselbe wie bei den vor Eröffnung dieser Linie angestellten Versuchen.

Nach Beendigung der Beobachtungen in der Stadtgärtnerei wurden ähnliche Beobachtungen, zunächst mit dem nämlichen Instrumente, in dem bisherigen in der Domstrasse innerhalb der Ringbahnlinie gelegenen Hause des physikalischen Staats-Laboratoriums ausgeführt; jedoch wurde von der weiteren Benutzung von Erdplatten abgesehen. Die gradlinige Entfernung des Laboratoriums vom nächsten Punkte der Ringbahnlinie beträgt etwa 400 m, vom Anfangspunkte der Linie Pferdemarkt-Eimsbüttel etwa 200 m; ferner verläuft in etwa 100 m westlichen Abstand ein unterirdisches Speisekabel der Strassenbahn in ungefähr nord-südlicher Richtung. Es musste nach den obigen Darlegungen erwartet werden, dass hier trotz der verhältnissmässig grossen Entfernungen sehr starke Störungen der erdmagnetischen Richtkraft hervortreten würden. Das zeigte sich denn auch in hohem Grade. Es war niemals mehr möglich, die Magnetspiegel, sei es des Edelmann'schen Galvanometers, sei es irgend eines andern ähnlichen Instrumentes oder eines Magnetometers in ruhiger Lage zu sehen. Alle waren in steter Unruhe. Der Character der Bewegungen war auch hier der nämliche, wie in der Stadtgärtnerei: stetes Schwanken um eine mittlere Lage mit gelegentlichen heftigen Stössen in wechselndem Sinne. Die Ausschläge waren aber hier innerhalb der Ringlinie weit erheblicher, als ausserhalb derselben; sie waren ausreichend, um jede Verwendung der Instrumente zu magnetometrischen oder galvanometrischen Arbeiten unmöglich zu machen.

Zur Fernhaltung solcher von aussen kommenden Beeinflussungen der Instrumente sind bekanntlich vielfach kräftige Schutzringe oder sonstige starke Umhüllungen aus weichem Eisen vorgeschlagen worden. Eine nähere Ueberlegung lässt leicht erkennen, dass der durch solche Eisenhüllen erreichbare Schutz kein vollkommener sein kann. Denn offenbar werden durch das Eisen nicht nur die von den Strassenbahnströmen oder sonstigen localen Ursachen herrührenden störenden Kraftlinien bis zu einem bestimmten Betrage aufgenommen, sondern in dem gleichen Verhältnisse auch die Kraftlinien der erdmagnetischen Horizontalcomponente selbst. Die Richtungs- und Intensitätsschwankungen der Resultirenden aller auf die Magnete der Instrumente wirkenden Kräfte werden somit dieselben bleiben. Nur in einem Punkte wird ein Nutzen aus der blossen Anwendung eiserner Schutzringe zu erwarten sein. Wird nämlich lediglich die erdmagnetische Horizontalcomponente als Richtkraft für den Magneten des Instrumentes angewendet, so besteht eine nothwendige Folge der Anwesenheit des Eisens darin, dass die

Intensität der resultirenden Gesamt-Richtkraft wesentlich geschwächt und in Folge dessen die Schwingungsdauer der Magnete stark vergrößert wird. Da nun, wie die Erfahrung gelehrt hat, sowohl die gewöhnlichen wie die stossartig auftretenden stärkeren Störungswirkungen jede für sich zum grossen Theil von so kurzer Dauer sind, dass die Störungsrichtung schon nach 1—2 Secunden sich umkehrt, so werden diese kurz dauernden und rasch aufeinander folgenden Drehungsantriebe in Folge der weit grösseren Schwingungsdauer des Magneten weniger zur Geltung kommen als bei ungeschützten Instrumenten. Dagegen werden alle diejenigen Störungseinflüsse, welche eine grössere Zahl von Secunden andauern, in beiden Fällen ungefähr gleich stark ablenkend wirken müssen.

Eine weit gehende Schutzwirkung werden dagegen starke Eisenhüllen ausüben, wenn das im Innern derselben noch vorhandene schwache erdmagnetische Feld durch passende Anbringung von Verstärkungsmagneten innerhalb der Hüllen wieder verstärkt wird. Durch dieses, für erdmagnetische Messungen natürlich nicht anwendbare Mittel wird im Allgemeinen die Empfindlichkeit der Galvanometer geschwächt, ihre Unempfindlichkeit gegen von aussen kommende Störungen aber wesentlich gesteigert werden. Instrumente dieser Art werden sich ähnlich verhalten, wie solche mit starkem künstlichen Magnetfelde vom Typus der Galvanometer nach Deprez und d'Arsonval mit beweglicher Spule oder Magneten, wie deren von Hartmann & Braun, Weston u. A. angefertigt werden.

Es schien mir von Nutzen zu sein, das Verhalten verschiedener Instrumente gegen die Störungs-Einflüsse der elektrischen Bahnen und die Wirkung der eben besprochenen Schutzvorrichtungen in unserem alten Laboratorium genauer kennen zu lernen, als dies auf Grund der bisherigen Beobachtungen im Sommer 1894 möglich gewesen war. Es lag nahe, hierfür ein photographisches Registrirverfahren anzuwenden. Ein solches wurde dann während des letzten Winters für den vorliegenden besonderen Zweck ausgebildet.

Das Verfahren besteht in Folgendem: Von dem Lichte einer 10A-bogenlampe, deren Strahlen nahezu parallel gemacht sind, wird ein feines Strahlenbündel vermittelt eines Nadelstiches in einem schwarzen Schirm abgesondert. Von der hell erleuchteten Nadelstich-Oeffnung wird vermittelt einer Linse von etwa 4 Metern Brennweite, welche vor dem zu prüfenden Instrumente steht, ein scharfes punktförmiges Bild entworfen. Dieses Bild wird durch passende Aufstellung des Apparates von dem Magnetspiegel ungefähr senkrecht zurückgeworfen; die Verhältnisse werden so gewählt, dass der Bildpunkt 3,437 m von dem Spiegel entfernt liegt. An der Bildstelle ist der Registrirapparat aufgestellt. Derselbe war aus vorhandenen Beständen unserer Instrumentensammlung zusammengebaut

worden und bestand im Wesentlichen aus einem durch ein schweres fallendes Gewicht bewegten einfachen Uhrwerk mit sehr grossen Windflügeln, welches vermittelt einer passenden Uebersetzung einen 10,6 cm im Durchmesser haltenden Holzcylinder langsam und gleichmässig um seine horizontal liegende Axe drehte. Die Grösse des Gewichtes und der Windflügel, welche erforderlich waren, um nach 1—2 Sekunden Fallzeit des Gewichtes eine völlig gleichmässige Geschwindigkeit zu erreichen, war durch geeignete Vorversuche vermittelt worden. Der Apparat war so eingerichtet worden, dass eine einmalige Umdrehung der Rolle während nahezu 100 Secunden stattfand; er wurde dann so aufgestellt, dass das von dem Magnetspiegel zurückgeworfene Punktbild der Nadelstich-Oeffnung ungefähr in der Höhe der Rollenaxe auf der Vorderfläche der Rolle scharf hervortrat. blieb der Spiegel unbeweglich hängen, so stand natürlich auch das Bild still; bewegte sich aber der Spiegel um seine senkrechte Drehungsaxe, so wanderte das Bild horizontal in der Richtung der Rollenaxe. Die erwähnte Entfernung des Bildes vom Spiegel (3,437 m) war gewählt worden, weil $\frac{1}{3437}$ die Tangente eines Winkels von 1 Bogenminute ist; es verschob sich mithin das Bild um 1 mm, wenn der Ablenkungswinkel der Bildstrahlen, bezw. der doppelte Drehungswinkel des Spiegels 1 Bogenminute betrug.

Nach erfolgter Einstellung wurde das Beobachtungszimmer verdunkelt und auch alles der Lampe entstammende störende Licht durch Ablendung möglichst beseitigt; die Bildstrahlen wurden vorläufig von einem Schirm aufgefangen. Dann wurde ein passendes Stück von lichtempfindlichem Eastman-Papier, welches für derartige Zwecke besonders geeignet ist, auf der Rolle befestigt, das Uhrwerk ausgelöst und nach einigen Secunden der Schirm entfernt. Da die Rolle sich jetzt um ihre horizontale Axe drehte, so erzeugte der wandernde Lichtpunkt selbstthätig eine photographische Curve, welche alle Details der Störungsvorgänge auch quantitativ scharf erkennen liess.

Nach diesem Verfahren sind im Laufe des letzten Winters eine grössere Anzahl von Störungscurven aufgenommen worden. Eine Auswahl derselben, welche die Resultate unter verschiedenen Umständen und an verschiedenen Instrumenten darstellen, ist auf den Tafeln I und II in natürlicher Grösse reproducirt. Die Curven beziehen sich auf ein Edelmann'sches Spiegelgalvanometer mit kräftiger Kupferdämpfung, ein Deprez-Spiegel-Galvanometer von Hartmann & Braun und ein durch einen offenen Kupferring nur mässig gedämpftes Magnetometer von derselben Firma. Das Edelmann'sche Galvanometer wurde in stromlosem Zustande verwendet; das Deprez-Instrument kann durch magnetische Kräfte nur beeinflusst werden, wenn die bewegliche Spule Strom hat. Es wurde mit 0,0001 Amp. gebraucht. Die Abscissenlänge der Curven repräsentirt die Zeitdauer des

dargestellten Störungsverlaufes; sie beträgt für alle Curven 90 Secunden. Die Ordinatenhöhe bezeichnet die Gesamt-Amplitude der Störungsschwankungen; 1 mm bedeutet 1 Bogenminute.

Die auf den Tafeln sichtbaren feinen graden Linien zwischen den einzelnen Curven sind lediglich photographische Schattenlinien, welche durch die feinen Furchen hervorgerufen wurden, die beim Aufkleben der einzelnen Papierstreifen, auf welchen die Curven gewonnen wurden, zwischen denselben entstanden sind; sie haben also mit den Störungseinflüssen nichts zu thun.

Zu den Tafeln möge Folgendes bemerkt werden:

1. Sämmtliche Curven zeigen ausser den durch die Variationen des magnetischen Feldes bedingten positiven und negativen Ausbiegungen eine leichte Kräuselung, welche sie wie feine Spirallinien erscheinen lässt. Diese durchgehende Abweichung von der einfachen Linie ist von den elektromagnetischen Störungen ganz unabhängig; sie ist in den während der Nacht, bei völligem Ruhen des elektrischen Betriebes, aufgenommenen Curven Ia und Ib genau so vorhanden, wie in den Tagescurven. Sie rührt von den inmitten des grossstädtischen Verkehrs nie aufgehörenden feinen Erzitterungen des Bodens, resp. der in die Hauswände eingemauerten Steinconsolen der Instrumente her. Diese steten Bodenbewegungen, die sich auch bei anderen Präcisionsarbeiten, z. B. bei mikrographischen Arbeiten mit starker Vergrösserung, als sehr störend erweisen, veranlassen ein unaufhörliches leichtes Erzittern der Magnetspiegel, das zwar mit blossem Auge nicht wahrnehmbar ist, sich aber sowohl im Fernrohr bemerkbar macht, als auch in den Curven ausprägt. Es finden hierbei Schwingungen der Spiegel namentlich um die horizontale, zum Theil auch um die senkrechte Axé statt. Je nach der Aufhängungsart und dem Trägheitsmoment der Magnetsysteme fallen diese Schwingungen sehr verschieden aus, so dass unter Umständen nur diejenigen um die Horizontalaxe, (d. h. in der Curvenrichtung) zu Stande kommen. In dem verschiedenen Aussehen der mit dem Edelmann'schen Galvanometer (Curven I, II, IV — VII), dem Deprez-Galvanometer (Curven VIII) und dem Magnetometer (Curven III) gemachten Aufnahmen tritt dieses Verhalten sehr deutlich hervor.

2. Die auf Tafel I dargestellten Curven Ia und b, IIa, b, c, d und e zeigen das Verhalten des in bester Verfassung befindlichen Edelmann'schen Galvanometers in stromlosem Zustande, ohne Schutzringe und ohne Astasirungs- oder Verstärkungsmagnete. Die in der Nacht, zwischen 1 und 2 Uhr, nach völligem Schluss des elektrischen Betriebes, aufgenommenen Curven Ia und b sind — von den Erschütterungsspiralen abgesehen — völlig grade Linien. Unmittelbar neben Curve Ib liegt IIa; dieselbe wurde in genau derselben Stellung der Instrumente in derselben Nacht wie Ia und b, jedoch gegen 12 $\frac{1}{2}$ Uhr, vor völligem Schluss des elektrischen

Betriebes, aufgenommen. Der Unterschied fällt in die Augen. Bis 12³/₄ oder 1 Uhr dauert der elektrische Betrieb und das Galvanometer ist unruhig; nach 1 Uhr sind alle Störungen verschwunden. Auch eine deutliche Gesamtverschiebung der mittleren Ruhelage des Magneten um mehrere Bogenminuten zeigt ein Vergleich der Curve Ib mit IIa, die, wie erwähnt, bei genau gleicher Stellung der Instrumente nach einander gewonnen wurden; die Verschiebung ist eine solche, wie sie ein unterhalb des Laboratoriums in der Erde von Norden nach Süden verlaufender Strom erzeugt haben würde.

Die Curven IIb—e stellen Aufnahmen desselben Instrumentes zu verschiedenen Zeiten, jedoch stets am Tage, dar; sie zeigen, dass ein Arbeiten mit demselben im gewöhnlichen Zustande nicht mehr möglich ist. Der Charakter der Störungen ist immer derselbe: unaufhörliche Bewegung des Magneten mit Schwingungsamplituden bis zu 11,5 Bogenminuten; die einzelnen Bewegungen umfassen jede für sich nur wenige Zeit-Secunden, daneben aber zeigen sich länger andauernde Ausbiegungen der Curven, die eine ganze Minute und mehr erreichen können.

3. Die Curven IIIa und b lassen erkennen, dass, wie zu erwarten war, der Spiegel eines Magnetometers Störungsschwankungen von genau demselben Character und derselben Grössenordnung zeigt, wie ein Galvanometerspiegel; wegen der schwächeren Dämpfung erscheinen die Curven etwas zackiger wie die ersteren. Die Einzelbewegungen dauern nur wenige Secunden und folgen sich ununterbrochen; sie erreichen eine Amplitude von 10 Bogenminuten. Erdmagnetische Messungen mit einem solchen Instrumente sind natürlich ausgeschlossen.

4. Die auf der zweiten Tafel dargestellten Curven beziehen sich auf Instrumente mit anderem als rein erdmagnetischem Felde. IVa und b stellen die Schwankungen des durch Astasirung auf etwa die 3 bis 4fache Empfindlichkeit gebrachten Edelmann'schen Galvanometers dar; die Störungs-Amplitude erreicht jetzt 33,5 Bogenminuten. Es ist unmöglich, mit dem Instrumente zu arbeiten.

5. Die folgenden Curven zeigen die Wirkung von eisernen Schutzringen. Dieselben wogen jeder 18 kg; sie waren aus weichstem Eisen hergestellt und nach dem Schmieden und Bearbeiten sorgfältig und langsam im Holzkohlenfeuer ausgeglüht worden, um die Entstehung von magnetischer Polarität durch remanenten Magnetismus zu vermeiden. Es ist indess sehr schwierig, dies völlig zu erreichen. Durch passende Messingträger mit kräftigen Stellschrauben konnte entweder einer der Ringe oder beide so um das Edelmann'sche Instrument gelegt werden, dass der Magnet sich im Mittelpunkte der Eisenumhüllung befand. Die Curven Va u. b lassen im Vergleich mit den vorhergehenden erkennen, dass schon einer dieser Ringe in Folge der eingetretenen bedeutenden Vergrößerung der Schwingungsdauer eine

118 Photographische Registrierung von Störungen magnetischer und elektrischer

starke Abschwächung der rasch verlaufenden Einzelstörungen bewirkt, so dass die Curven glatter erscheinen. Noch mehr ist dies bei VI a u. b der Fall, welche die Versuche mit 2 Ringen darstellen. Hier sind die Einzelstörungen fast verschwunden, aber die länger dauernden Ablenkungen treten noch ebenso sehr hervor wie in den Curven II und III; sie erreichen noch immer 10 Bogenminuten. Genaue Messungen am Instrumente sind auch jetzt noch nicht ausführbar, abgesehen davon, dass die starke Vergrößerung der Schwingungsdauer in vielen Fällen sehr störend ist.

6. Die Curven VII a u. b stellen sodann für dasselbe Instrument die Wirkung von Verstärkungsmagneten innerhalb der Eisenringe dar. Sie ist, wie zu erwarten war, so bedeutend, dass die Curven fast gradlinig verlaufen. Die Störungen sind somit fast beseitigt; es wäre leicht gewesen, durch Verstärkung der magnetischen Hilfskraft die letzten Reste der Unruhe des Magnetspiegels zum Verschwinden zu bringen. Aber die Empfindlichkeit der Instrumente wird auf diesem Wege ebenfalls erheblich verringert.

7. Dieselbe Bemerkung gilt natürlich für Instrumente, welche von vorneherein mit einem starken permanenten Magnetsystem versehen sind, wie z. B. die Hartmann & Braun'schen Deprez-Galvanometer, für welche die Curven VIII a u. b gelten. Dieselben sind aufgenommen worden, ohne das Instrument irgendwie mit Schutzringen oder dergl. zu umgeben. Sie lassen keinerlei Störungen mehr erkennen, da die Curven völlig gradlinig verlaufen.

Das Gesammtergebniss der vorstehend mitgetheilten Beobachtungen besteht darin,

dass 1) innerhalb des Bereiches elektrischer Strassenbahnen auf erhebliche Entfernungen hin, d. h. unter Umständen bis zu mehreren Hundert Metern, insbesondere aber an beliebigen Punkten innerhalb ringförmig geschlossener Bahnen mit central belegenem Elektrizitätswerke gewöhnliche Spiegelinstrumente in ungeschütztem Zustande nicht mehr zu genauen Messungen benutzt werden können,

dass 2) die blosse Umhüllung von Spiegelgalvanometern mit Eisenringen oder dergl. die von den elektrischen Bahnen ausgehenden Störungen durchaus nicht vollständig zu beseitigen vermag,

dass aber 3) durch Verwendung selbständiger stärkerer Magnetfelder innerhalb eiserner Schutzhüllen oder auch kräftiger permanenter

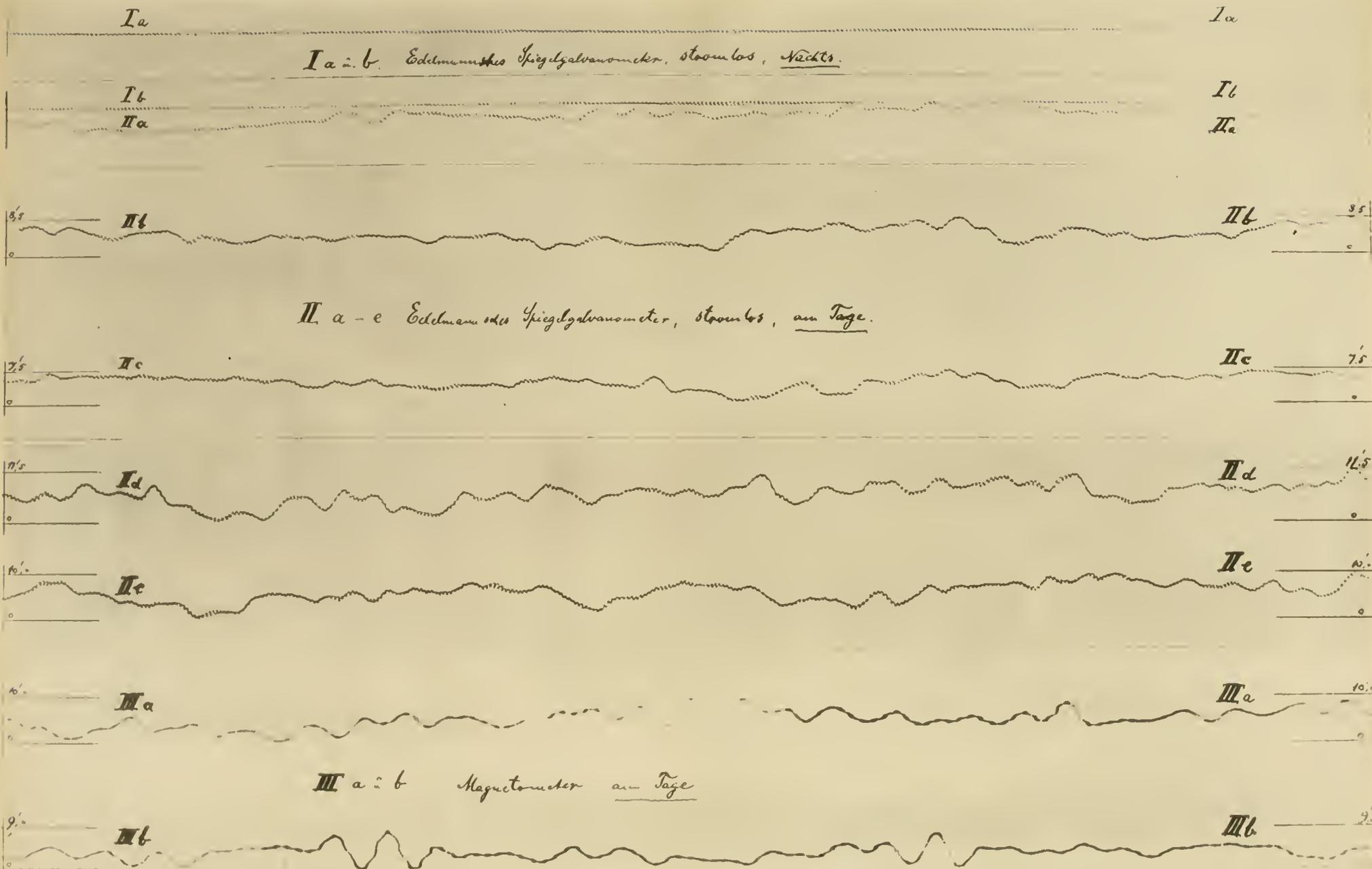
Magnetfelder ohne solche Schutzhüllen die Störungen zum Verschwinden gebracht werden können, jedoch auf Kosten der Stromempfindlichkeit der Instrumente.

Die Anstrengungen der Präcisionsmechaniker, welche Spiegelgalvanometer herstellen, werden daher besonders darauf gerichtet sein müssen, solche Instrumente zu bauen, welche ein starkes permanentes und möglichst unveränderliches Magnetfeld mit möglichst hoher Stromempfindlichkeit vereinigen.

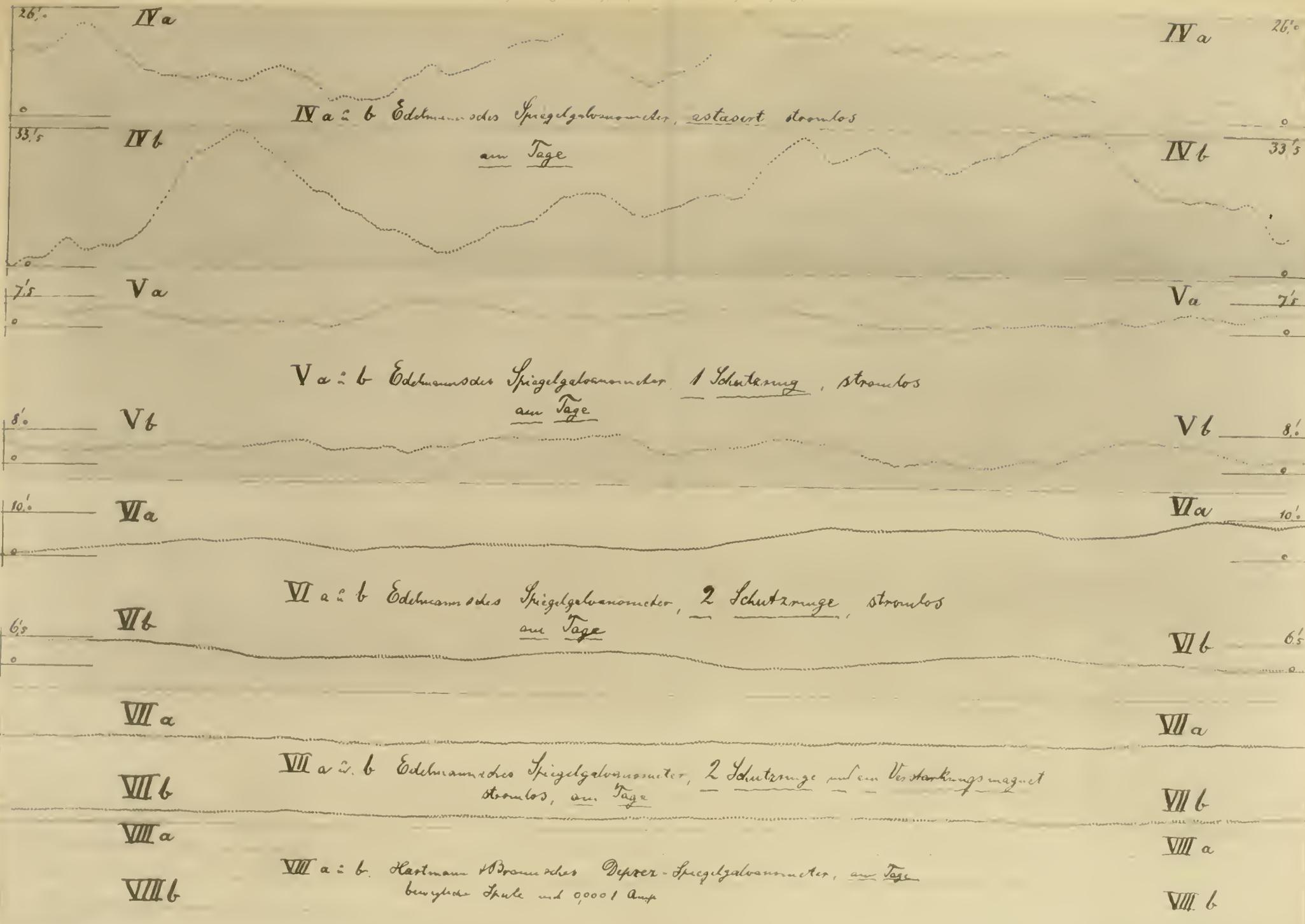
Da die genaue Aichung derartiger Galvanometer auf elektrochemischem Wege oder durch Benützung von Normal-Elementen und genau bestimmten Widerständen gegenwärtig bekanntlich leicht möglich ist, so ist die Ermittlung der Horizontal-Componente des Erdmagnetismus bzw. ihrer Variationen für die praktische Galvanometrie nicht von so grosser Wichtigkeit.

Beobachtungen zu rein erdmagnetischen Zwecken können dagegen in Zukunft innerhalb des Bereiches elektrischer Bahnen nur noch während der Nachtzeit ausgeführt werden.

Hamburg, Phys. Staatslabor., März 1895.



Voller: Photographische Registrierung der durch elektrische Strassenbahnen verursachten Störungen von Spiegel-Galvanometern und Magnetometern.



Voller: Photographische Registrirung der durch elektrische Strassenbahnen verursachten Störungen von Spiegel-Galvanometern und -Magnetometern.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahrbuch der Hamburgischen Wissenschaftlichen Anstalten](#)

Jahr/Year: 1894

Band/Volume: [12](#)

Autor(en)/Author(s): Voller A.

Artikel/Article: [Photographische Registrierung von Störungen magnetischer und elektrischer Messinstrumente durch elektrische Strassenbahnströme, und deren Verhütung. 107-119](#)