Sitzungsberichte

der

mathematisch-physikalischen Klasse

der

K. B. Akademie der Wissenschaften

zu München

1911. Heft II

Mai- bis Julisitzung

München 1911

Verlag der Königlich Bayerischen Akademie der Wissenschaften

in Kommission des G. Franz'schen Verlags (J. Roth)

Luftelektrische Messungen am Erdmagnetischen Observatorium (Sternwarte) München.

I. Registrierung des Potentialgefälles 1905 bis 1910.

Von **Dr. C. W. Lutz.**

Mit 2 Tafeln.

Vorgelegt von H. Ebert in der Sitzung am 10. Juni 1911.

An der K. Sternwarte in München wurden bereits in den Jahren 1850—1856 luftelektrische Messungen von J. Lamont[1]) angestellt. Lamont beobachtete nach der von Dellmann und Peltier angegebenen Methode die elektrische Spannungsdifferenz zwischen Luft und Erde. Leider besitzen diese mit großer Sorgfalt angestellten Beobachtungen nur beschränkten Wert. Sie sind nämlich, wie alle älteren Messungen, nicht in absolutem Maße ausgedrückt. Zudem hat Lamont nur untertags beobachtet, so daß sich aus seinem Beobachtungsmaterial auch der tägliche und jährliche Gang des erwähnten luftelektrischen Elementes nur ungenau herleiten läßt. Die Ergebnisse, die sich trotzdem aus den Lamontschen Beobachtungen gewinnen lassen, sollen später an geeigneter Stelle angeführt werden.

Seit dem Jahre 1895 werden neuerdings luftelektrische Messungen an der hiesigen Sternwarte angestellt. Dank der Munifizenz der K. Bayer. Akademie der Wissenschaften konnte

[1]) J. Lamont, Beschreibung der an der Münchener Sternwarte zu den Beobachtungen verwendeten neuen Instrumente und Apparate, München 1851, S. 53. — Jahresbericht der Münchener Sternwarte 1852, S. 74. — Annalen der K. Sternwarte bei München 7, 131, 1854. 9, 95, 1857. 10, 95, 1858.

für das Erdmagnetische Observatorium der Münchener Sternwarte ein Benndorfsches Elektrometer zur Registrierung des luftelektrischen Potentialgefälles beschafft werden. Dieses Instrument wurde im April 1895 in Betrieb genommen und arbeitet seither befriedigend.

Neben der Registrierung des Potentialgefälles wurden auch noch andere luftelektrische Arbeiten ausgeführt, über welche größtenteils bereits früher berichtet wurde[1]).

I. Das Instrumentarium.

1. Elektrometer.

Das bewährte Benndorfsche Elektrometer[2]) zur mechanischen Registrierung des Potentialgefälles ist so allgemein bekannt, daß eine nähere Beschreibung wohl überflüssig ist. Lediglich über die Aufstellungsweise, die sich nach mancherlei Vorversuchen als zweckmäßig erwiesen hat, sei hier einiges gesagt.

Der Apparat ist in einem freistehenden Nebengebäude der Sternwarte[3]) untergebracht, welches lediglich ein Erdgeschoß (3 Räume) und einen unbewohnten Dachboden umfaßt. Der größte nach Osten gelegene Raum dient als Arbeitszimmer. In diesem Raume ist das Elektrometer E an der N-E-Mauer M, Taf. I, Fig. 1 angebracht und völlig von einem Holzschranke $H_1 - H_2$ mit zwei Glastüren T_1 und T_2 (vorne und an der rechten Seite) umgeben. Hiedurch wird das Instrument vor Staub und

[1]) C. W. Lutz, Sitz.-Ber. der Bayer. Akad. d. W., math.-phys. Kl. 36, 507, 1906. 37, 61, 1907. 39, 14. Abhandl., 1909. Phys. Zeitschr. 9, 100 und 642, 1908. H. Ebert und C. W. Lutz, Beiträge z. Phys. d. freien Atmosph. 2, 183, 1908.

[2]) H. Benndorf, Anzeiger der K. Akad. d. Wissensch. Wien 38, 200, 1901. Sitz.-Ber. d. K. Akad. d. W. Wien 111 (Abt. IIa), 487, 1902. Phys. Zeitschr. 7, 98, 1906.

[3]) Eine Übersicht über das Gesamtterrain der Sternwarte gibt der Situationsplan J. B. Messerschmitts in den „Veröff. d. Erdmagnet. Obs. bei der K. Sternw. in München 1904", Heft I, Tafel I, wo auch dieses Gebäude unter der Benennung „Bureau" eingezeichnet ist.

raschem Temperaturwechsel (Feuchtigkeit) geschützt. Dieser besondere Schutz scheint mir beim Benndorfschen Elektrometer notwendig zu sein, weil alle Isolatoren desselben durch das Gehäuse hindurchragen, also nur zur einen Hälfte von der Schwefelsäure im Innern des Gehäuses (Dämpfung) trocken gehalten werden. Und in der Tat wurde auf diese Weise, trotzdem das Elektrometer in unmittelbarer Nähe der Eingangstüre steht, eine dauernd gute Isolierung erreicht. Der obere, das Elektrometer umschließende Teil des Schrankes H_1 kann entfernt werden. Der Apparat, der an dem festen Wandbrett W montiert ist, ist dann von drei Seiten her zugänglich, was bei Reparaturen oder gründlicher Reinigung von Nutzen ist. Zur Vornahme der gewöhnlichen Verrichtungen, wie Uhraufziehen, Auswechseln des Papieres etc. genügen die beiden Türen T_1 und T_2. Der untere Teil des Holzschrankes H_2 birgt die Kalomelbatterie B und sechs Bleiakkumulatoren A. Drei davon (hintereinander geschaltet) dienen jeweils zum Betriebe des Registrierwerkes, drei stehen in Reserve und werden eingeschaltet, wenn die Betriebsakkumulatoren frisch aufgeladen werden müssen, was etwa alle fünf Wochen nötig ist.

Die Kalomelbatterie hat sich gut bewährt. Sie mußte während der sechs Betriebsjahre nur einmal frisch gefüllt werden, da einige Zinkstäbe durchgefressen waren. Dieses günstige Ergebnis glaube ich folgenden Vorsichtsmaßregeln zuschreiben zu dürfen. Die Zuleitungsdrähte von der Batterie zum Elektrometer wurden auf gut isolierende Hartgummiklötze verlegt. Auch die zu erdende Mittelklemme, die ursprünglich in eine Holzwand des Batteriekastens eingeschraubt war, wurde vom Holz noch besonders durch Hartgummi isoliert. Nur so wird (nach Abnehmen der Erdleitung von der Mittelklemme) ein teilweiser Kurzschluß über das Holz beim Anschalten der Batterie an die Quadranten vermieden. Vor dem Zusammensetzen der Zellen wurden alle Gläschen im oberen Drittel innen und außen mit Paraffin überzogen und die Verschlußkorken in Paraffin gekocht. Da die Kalomelbatterie keinerlei Erschütterungen und Schwankungen verträgt, so wurde sie stets an

ihrem Platze in dem staubdichten Holzkasten H_2 belassen. Die E. M. K., die öfters nachgemessen wird, beträgt konstant 99 Volt.

Weiter wären noch einige kleinere Vorrichtungen zu erwähnen, die sich als praktisch erwiesen haben. An dem Bügel, der alle zwei Minuten den Aluminiumzeiger des Elektrometers auf eine Unterlage aus Blaupapier niederdrückt, und so eine punktweise Aufzeichnung der Elektrometerausschläge bewirkt, wurde ein Millimetermaßstab angebracht, der einem dreifachen Zwecke dient. Bei geerdeter Elektrometernadel ermöglicht er eine stete Kontrolle der Nullage des Zeigers, und bei geladenem Elektrometer läßt sich jederzeit die Größe des Ausschlages in mm ablesen, und damit, nach Multiplikation mit dem Reduktionsfaktor (siehe S. 312), sogleich der Wert des eben herrschenden Potentialgefälles angeben. Endlich ist dieser Maßstab bei Bestimmung der Ladezeit des Kollektors zur Kontrolle seiner Wirksamkeit von Nutzen.

Das vom Apparat täglich ablaufende Papier, ca. 1 m, wird auf einer Haspel P (Fig. 1) aufgerollt, so daß die Papierrolle als ganzes Stück erhalten bleibt, was bei der von mir gebrauchten und noch zu beschreibenden Ablesevorrichtung notwendig ist.

Die Uhr des Elektrometers geht nach Münchner Ortszeit $=$ M. E. Z. $-$ 13^{m} 33^{sec}. Die Empfindlichkeit des Elektrometers beträgt: 1 mm Ausschlag $=$ 14,5 Volt.

2. Kollektor.

Über dem beschriebenen Holzschrank ist eine 50 cm lange Eisenschiene *Sch* (Fig. 1) von ⌐ Querschnitt in die Mauer einzementiert. Auf diese Eisenschiene sind zwei kräftige Hartgummiisolatoren I_1 und I_2 aufgeschraubt, welche ein gezogenes dünnwandiges Stahlrohr R in horizontaler Lage tragen. Dieses Stahlrohr R durchsetzt frei die Wand des Gebäudes, und setzt sich außen in eine fest eingekeilte Bambusstange *St* fort, an deren Ende, 172 cm von der Mauer und 280 cm vom Erdboden entfernt, der Polonium- (Radium F) Kollektor angebracht ist.

Vom Kollektor führt ein Kupferdraht zur Eisenröhre und von dieser ein weiterer Verbindungsdraht *d* zum Elektrometer *E*.

Die Aufladezeit des frisch polonisierten Kollektors beträgt $^3/_4$ Minuten. Da die Wirkung des Poloniumkollektors mit der Zeit abnimmt, und dadurch Fehler in den Angaben des Elektrometers entstehen würden [1]), so wird jährlich zweimal eine Neupolonisierung vorgenommen.

Für die Richtigkeit und Zuverlässigkeit der Aufzeichnungen des Elektrometers ist eine vorzügliche Isolation aller Elektrometerteile von besonderer Wichtigkeit [2]). Daher wird auch den Isolatoren des Kollektorträgers stets eine besondere Sorgfalt zugewendet. Sie befinden sich, wie aus Fig. 1 ersichtlich, innerhalb des im Winter geheizten Gebäudes und sind durch Messinghülsen *M* (Fig. 2) gegen Staub und Licht, sowie durch eine Natriumtrocknung *N* gegen Feuchtigkeit geschützt. Die Konstruktion dieser Isolatoren ist aus Fig. 2 ersichtlich. In die Messingplatte *P* ist ein glatter zylindrischer Hartgummikörper *H* eingeschraubt. In diesen Hartgummizylinder ist, unter Zwischenschaltung eines Ringes aus echtem Bernstein *B*, der Messingträger *T* fest eingeschraubt, dessen oberes Ende durch das Eisenrohr *R* hindurchführt und dort verschraubt ist. Mittels der Schrauben s_1 s_2 ist jeder Isolator an der Eisenschiene *Sch* befestigt.

Ich habe absichtlich die viel gebräuchliche Riefelung des Hartgummizylinders nicht durchgeführt und zwar aus folgenden Gründen. Fürs erste sollte der Querschnitt des Hartgummiträgers möglichst ungeschwächt bleiben, um der Belastung durch die Eisen- und Bambusstange, durch Schnee und Winddruck und das Gewicht sich auf die Stange setzender Vögel gewachsen zu sein. Sodann verliert auch der ursprünglich beste Hartgummi durch Änderung seiner Oberflächenbeschaffenheit, trotz der Schutzhülse und Natriumtrocknung, allmählich sein Isolationsvermögen. Um dies wieder herzustellen, hat sich

[1]) H. Benndorf, Sitz.-Ber. d. K. Akad. d. Wissensch. Wien 118 (IIa), 1184, 1909.

[2]) H. Benndorf, ebenda S. 1188.

folgendes Verfahren besonders bewährt, wobei sich gerade die glatte Oberfläche des Hartgummikörpers als zweckmäßig erweist. Der Hartgummizylinder wird auf der Drehbank mit feinstem Glaspapier (nicht Schmirgelpapier!) abgeschliffen, mit einer völlig reinen, trockenen Bürste abgebürstet, mit einem reinen in destilliertes Wasser getauchten Leinenlappen gründlich abgewaschen und in noch leichtfeuchtem Zustande über einer Flamme vollständig getrocknet. Die Oberfläche besitzt zwar dann ein unschönes Aussehen mit einem leichten Stich ins Gelbliche und zeigt zahlreiche leichte Risse, isoliert aber, wenn noch jede Berührung mit den Fingern vermieden wird, ausgezeichnet.

3. Hilfsinstrumente.

a) Bestimmung des Reduktionsfaktors.

Das Benndorfsche Elektrometer in der eben beschriebenen Aufstellung liefert nur relative Werte des Potentialgefälles, welche durch gleichzeitige Messungen mit einem transportablen Instrumentarium im freien flachen Gelände auf die Ebene zu reduzieren sind. Hiezu verwende ich seit Jahren das Saitenelektrometer und zwei Flammenkollektoren. Das Saitenelektrometer wird mittels einer Bornhäuser Akkumulatorenbatterie von 300 Volt Maximalspannung und eines Präzisionsvoltmeters von Hartmann & Braun geeicht. Ein an der Batterie angebrachter Zellenschalter erlaubt, die dem Elektrometer zugeführte Spannung in Schritten von 10 Volt von 0 bis 300 Volt zu steigern. Bei der Eichung wird das Elektrometer in „Doppelschaltung“ verwendet, also die eine Schneide mit der Saite leitend verbunden, die gegenüberliegende „Influenzschneide“ geerdet.

Der Ort der Messung des Reduktionsfaktors ist eine freie ebene Wiesenfläche ca. 250 m von der Station und 100 m von den nächstgelegenen Landhäusern entfernt. Die Messung selbst wurde nur bei klarem wolkenlosen Wetter mehrmals im Jahre in folgender Weise angestellt. Das Saitenelektrometer wird auf ein niederes photographisches Metallstativ aufgeschraubt

und das Elektrometergehäuse geerdet. Die eine Schneide wird mit der Saite leitend verbunden, die Influenzschneide isoliert. Ein etwa 8 m langer dünner Kupferdraht führt von der Zuleitungssonde zur Saite nach einem Flammenkollektor, der auf einem Hartgummistabe 1 m über dem Boden aufgesteckt ist. Die isolierte Schneide wird durch einen ebensolangen Leitungsdraht mit einem zweiten Flammenkollektor verbunden, der isoliert in eine Blechbüchse eingebaut und so tief in die Erde eingegraben ist, daß seine Spitze bündig mit dem Erdboden abschneidet. Die Spitzen beider Flammenkollektoren liegen dann 1 m übereinander. Beide Kollektoren werden mehrere Meter voneinander entfernt aufgestellt, so daß sie sich nicht gegenseitig durch die entweichenden Flammengase beeinflussen können, zumal stets dafür gesorgt wird, daß der Wind zwischen den Kollektoren hindurchweht. Der Beobachter sitzt auf einem niederen Feldstuhl, so daß hiedurch nur eine geringe Deformation des Erdfeldes entsteht, die auf die 8 m entfernten Kollektoren nur eine zu vernachlässigende Einwirkung mehr ausüben kann[1]). Das Potential, das die Bodenlampe annimmt, ist nur gering, meist 8—10 Volt und wird gemessen durch die Vergrößerung des Saitenausschlages beim Erden der Bodenlampe (Influenzschneide). Durch zeitweilige Erdung der Bodenlampe kann man sich so überzeugen, ob dieselbe auch richtig brennt, da sie ja vom Standpunkte des Beobachters aus nicht direkt sichtbar ist, und ob sie nicht durch Spinnfäden oder berührende Grashalme kurzgeschlossen ist.

Bei dieser Anordnung hat man die Annehmlichkeit zur Auswertung der Elektrometerangaben dieselbe Eichkurve verwenden zu können, die für die Doppelschaltung, also bei geerdeter Influenzschneide gilt. Ich habe mich davon überzeugt, daß bei geladener Influenzschneide erst dann Abweichungen von der Eichkurve für Doppelschaltung eintreten, wenn diese

[1]) H. Benndorf, Sitz.-Ber. d. K. Akad. d. Wiss. Wien 115 (IIa), 445, 1906.

Ladung 20 Volt überschreitet. Erst dann müßten an den abgelesenen Werten kleine Korrekturen angebracht werden [1]).

Nach meinen Messungen ergaben sich bei klarem wolkenlosen Wetter Werte für den Reduktionsfaktor, die nicht mehr als 5 % voneinander abweichen, was bei einem so wechselvollen meteorologischen Element, wie es das Potentialgefälle ist, eine genügende Genauigkeit darstellt. Freilich können sich bei anderen Wetterlagen mitunter größere Abweichungen zeigen; jedoch ist für das Studium des Potentialgefälles hauptsächlich dessen normaler ungestörter Verlauf an heiteren, wenig bewölkten Tagen von Wichtigkeit, für welche sich eine genügend genaue Reduktion auf absolutes Maß bestimmen läßt. So ist denn auch in der vorliegenden Arbeit das Hauptgewicht auf das ungestörte, normale luftelektrische Potentialgefälle gelegt.

Der Reduktionsfaktor beträgt: 1 mm Ausschlag des Elektrometerzeigers $= 12{,}5 \frac{\text{Volt}}{\text{m}}$ Gefälle in der Ebene.

b) Auswertung des Beobachtungsmateriales.

Das hier verwendete Benndorfsche Elektrometer zeichnet alle zwei Minuten einen Punkt auf. Die Registrierung besteht demnach aus einer fortlaufenden Reihe von Punkten, deren Abstand von der Nullinie, die bei geerdetem Elektrometer in der Mitte des Papieres aufgezeichnet wird, den Elektrometerausschlag angibt. Bei normalem elektrischen Potentialgefälle ordnen sich die einzelnen Punkte sehr gut in eine stetige Kurve ein, so daß zur Ermittelung der Stundenmittel die von Ad. Schmidt [2]) angegebene Methode verwendet werden kann. Hiezu habe ich den von Messerschmitt und Lutz [3])

[1]) C. W. Lutz, Phys. Zeitschr. 9, 105, 1908. — Eine Anordnung ganz ähnlicher Art hat auch A. Daunder, Phys. Zeitschr. 8, 282, 1907 verwendet.

[2]) Ad. Schmidt, Veröff. d. Preuß. Meteorol. Inst., Nr. 196. Berlin 1908, S. 30.

[3]) J. B. Messerschmitt und C. W. Lutz, Zeitschr. f. Instrumentenkunde 26, 142, 1906.

konstruierten Ableseschieber dem hier vorliegenden Zwecke entsprechend angepaßt. Die Vorrichtung ist in Fig. 3 und 4 abgebildet. Ein schweres Eisenlineal L mit einer den Stundenmarken entsprechenden Teilung wird mit den beiden Pratzen p_1 p_2 (Fig. 4) an die Zeitmarken 10^h N und 1^h p. m. angelegt. Mittels des Ableseschiebers *Sch* kann dann ein voller Tag von 12^h nachts bis 12^h mittags ausgemessen werden. Zu diesem Zwecke ist zunächst die O-Linie einzustellen. Dies geschieht durch Verschiebung des beweglichen Millimetermaßstabes M Fig. 3 senkrecht zum Lineal, bis der Anfangsstrich 0 der Skala mit dem auf die Nullinie eingestellten Schieberquerstrich $q_1 - q_2$ zusammenfällt. Solcherweise können kleine Verlegungen der Nullinie, wie sie mitunter eintreten, berücksichtigt werden. Nach dieser Einstellung wird der Maßstab durch die beiden Druckschrauben d_1 d_2 festgeklemmt, und der Schieber ist nun fertig zum Gebrauch. Um nun den Mittelwert, etwa der Stunde 3^h—4^h wie in Fig. 3 ersichtlich auszumessen, wird der Schieber *Sch* über die Stundenmarken 3^h und 4^h des Lineals geschoben und hierauf der Schlitten S so eingestellt, daß die über und unter dem Querstrich $q_1 q_2$ liegende, durch die Punktreihe einerseits, und durch die Vertikalstriche $a - a$ und $b - b$ anderseits begrenzten Flächenstücke schätzungsweise gleichgroß sind. Der Index q_1 gibt dann am Maßstabe M den Stundenmittelwert 3^h—4^h in mm an. Nach Notierung dieser Zahl wird der Schieber um eine Stundenlänge längs des Lineals nach links geschoben und weiter in gleicher Weise verfahren. Nachdem so 12 Stundenmittel abgelesen sind, wird das Lineal L vom Papier P abgerückt und mittels der Haspel H (Fig. 4) das abgelesene Stück des Papierbandes aufgewunden, wodurch die nächstfolgenden Aufzeichnungen, von der Rolle R ablaufend, zur Ablesung vor das Lineal kommen. Das mit Billardtuch überzogene, nur wenig geneigte Pult B und der kleine Schreibtisch T haben sich bei diesem Verfahren als praktisch bewährt.

Zur Ausmessung einzelner Punkte (Ermittlung des Reduktionsfaktors, der Empfindlichkeit etc.) dient das Kreuz in

der Mitte des Schlittenquerstriches (Fig. 3) und der kurze Maßstab am unteren Schieberrand, der ein Stundenintervall in 30 Teile teilt.

II. Das Beobachtungsmaterial.

Das normale Potentialgefälle.

1. Mittelwerte.

Wie erwähnt, ist für das Studium des Potentialgefälles besonders dessen normaler Verlauf von Bedeutung. Aus dem gesamten Registriermaterial wurden daher jene Tage ausgewählt, an welchen die Bewölkungsziffer nicht über 5 betrug. Sonst heitere Tage, an welchen morgens oder abends Nebel einfiel, oder Tage, an welchen durch Spinnfäden von der Kollektorstange zur Hauswand, oder durch starken Rauhfrost mehrere Stunden hindurch Kurzschluß entstand, wurden ausgeschlossen. Ebenso eine Reihe von wolkenlosen Wintertagen, an welchen ein heftiger Wind eine auffallende Störung des Potentialgefälles durch Schneetreiben verursachte (hohes — Potentialgefälle). Freilich schmilzt bei einer so scharfen Auslese das verwendbare Beobachtungsmaterial ganz beträchtlich zusammen; doch scheint mir gerade bei den rasch wechselnden Witterungsverhältnissen der oberbayerischen Hochebene eine besondere Vorsicht notwendig, um verläßliche Absolutwerte des Potentialgefälles zu erhalten.

Insgesamt wurden für die fünfjährige Registrierperiode 1905/10 327 ungestörte Tage erhalten, für jedes Jahr durchschnittlich 65. Die in der beschriebenen Weise abgelesenen Stundenmittel der ausgewählten Tage wurden für jeden Monat zu Mittelwerten vereinigt und sind in Tabelle 1 aufgeführt. Die Jahresmittel Tabelle 3 (vorletzte Spalte) weichen nur wenig voneinander ab [1]). Das Gesamtjahresmittel der bisherigen

[1]) Der besonders hohe Mittelwert im Jahre 1909, wie er in Potsdam gefunden wurde, trat hier nicht ein. — K. Kähler, Tätigkeitsbericht d. K. Preuß. Meteorol. Institutes 1909, Anhang S. 145.

Registrierungen beträgt 168 $\frac{\text{Volt}}{\text{m}}$; in den Sommermonaten (März—November inkl.) 140 $\frac{\text{Volt}}{\text{m}}$, im Winter (Dezember—Februar inkl.) 250 $\frac{\text{Volt}}{\text{m}}$. Das Potentialgefälle ist also hier in den Wintermonaten rund 1,8 mal größer als während der wärmeren Jahreszeit. Aus Lamonts relativen Messungen, über deren Auswertung noch das Nähere gesagt wird, ergibt sich für dieses Verhältnis der Wert 1,7.

Obige Absolutwerte sind in guter Übereinstimmung mit denen, die A. Daunderer in Bad Aibling 42 km südöstlich von München erhielt. Daunderer fand aus 3197 direkten Messungen des Potentialgefälles im Sommer 132 $\frac{\text{Volt}}{\text{m}}$, im Winter 194 $\frac{\text{Volt}}{\text{m}}$, im Mittel 149 $\frac{\text{Volt}}{\text{m}}$. Die Übereinstimmung wird noch besser, wenn man aus dem Münchner Material die Mittelwerte aus jenen Monaten 1905 und 1906 bildet, zu welcher Zeit Daunderer beobachtet hat. Es berechnet sich dann für München ein Potentialgefälle im Sommer zu 132 $\frac{\text{Volt}}{\text{m}}$, im Winter zu 220 $\frac{\text{Volt}}{\text{m}}$, im Mittel zu 159 $\frac{\text{Volt}}{\text{m}}$, also in nahezu völliger Übereinstimmung mit den Werten Daunderers. Es gewinnt damit der angegebene Absolutwert des Potentialgefälles von 168 $\frac{\text{Volt}}{\text{m}}$ an Zuverlässigkeit und bestätigt die bereits von Hjuler u. H. Mache[1]) gemachte Beobachtung, daß das Potentialgefälle auf Hochebenen kleiner ist, als im tiefer gelegenen Flachlande. Dies zeigt deutlich die nachstehende Zusammenstellung in Tabelle 2. In dieser Tabelle sind nur jene Orte aufgeführt, an welchen in neuerer Zeit und mit

[1]) A. Gockel, Die Luftelektrizität. Leipzig 1908, S. 88. — H. Mache und E. v. Schweidler, Die atmosphärische Elektrizität. Braunschweig 1909, S. 48.

Tabelle I. Potentialgefälle in $\frac{\text{Volt}}{\text{m}}$.

	0^h-1^h	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6	6–7	7–8	8–9	9–10	10–11	11–M
Januar												
1906	140	123	108	118	134	139	188	211	238	229	245	245
1907	129	131	138	177	186	212	298	374	368	314	268	422
1908	270	205	196	204	210	231	295	351	359	366	379	336
1909	167	156	165	157	157	199	272	261	291	302	277	287
1910	232	250	188	196	302	304	307	322	396	294	390	400
Mittel	188	173	159	170	198	217	272	304	330	301	312	**338**
Februar												
1906	200	151	160	193	198	264	283	238	308	357	284	345
1907	117	122	87	70	68	76	127	203	199	231	260	266
1908	176	186	182	162	159	195	189	245	302	281	319	299
1909	157	149	140	152	210	215	250	321	350	327	285	265
1910	184	154	137	147	139	177	255	266	334	354	351	346
Mittel	167	152	141	145	155	185	221	255	299	**310**	300	304
März												
1906	119	100	92	83	85	113	137	187	216	230	231	240
1907	98	78	60	73	83	97	118	172	190	168	166	126
1908	113	116	90	110	105	121	179	233	224	224	204	217
1909	151	132	120	125	132	185	222	269	242	237	240	246
1910	147	139	127	137	147	166	222	257	284	285	265	205
Mittel	126	113	98	106	110	136	176	224	**231**	229	221	207
April												
1906	67	59	54	54	67	85	139	171	158	158	152	128
1907	72	59	43	52	60	54	127	159	117	118	135	132
1908	99	84	89	96	100	84	205	275	194	195	186	167
1909	87	75	86	84	70	104	161	210	251	205	174	139
1910	139	135	124	119	114	144	196	241	211	201	157	135
Mittel	93	82	79	81	82	94	166	**211**	186	175	161	140
Mai												
1905	62	50	38	34	18	32	126	170	171	119	130	93
1906	71	58	49	40	39	72	131	158	152	143	125	122
1907	71	58	67	60	69	91	122	131	125	116	109	93
1908	89	87	79	82	96	126	191	247	229	179	172	156
1909	74	59	65	80	79	121	180	175	141	117	85	75
Mittel	73	62	60	59	60	88	150	**176**	163	135	124	108
Juni												
1905	69	50	41	34	43	49	175	224	184	159	144	121
1906	61	69	71	42	66	97	159	155	117	111	102	95
1907	99	86	83	92	93	130	170	192	142	136	132	116
1908	99	92	85	82	77	119	159	167	177	177	145	124
1909	119	100	91	76	95	104	139	172	164	170	146	131
Mittel	89	79	74	65	75	100	160	**182**	157	151	134	117

Stundenmittel.

M–1	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6	6–7	7–8	8–9	9–10	10–11	$11^h - 0^h$	Tages-mittel	Tage
255	245	236	248	257	243	258	257	238	206	177	142	203	9
320	410	472	375	256	334	250	200	220	241	168	165	268	1
298	273	316	279	257	308	389	431	407	362	306	331	307	8
276	270	250	206	204	210	244	297	256	263	219	216	233	10
384	416	342	367	345	355	364	339	326	300	252	166	314	3
307	323	323	255	264	290	301	**305**	289	274	224	204	*264*	31
363	388	359	299	298	276	256	305	324	316	271	241	278	5
246	259	240	214	235	266	250	197	180	174	164	135	183	4
241	236	268	257	301	290	314	340	337	312	201	215	250	5
262	281	275	256	270	277	322	320	324	358	341	271	266	4
346	316	282	274	262	276	311	336	324	272	231	199	261	8
292	296	285	260	273	277	291	**299**	298	286	242	212	*248*	26
202	212	189	182	189	200	256	229	243	178	148	122	174	7
123	112	110	103	102	89	103	142	187	184	160	132	124	5
187	179	182	175	177	166	182	246	220	177	141	116	170	6
234	227	197	179	212	239	257	237	240	236	206	185	206	9
181	175	167	144	127	118	129	170	240	209	215	196	185	10
185	181	169	157	161	162	185	205	**226**	197	174	150	*172*	37
118	113	93	98	99	94	99	129	157	147	136	101	111	4
128	119	105	100	90	94	106	95	85	72	66	72	94	4
134	180	169	169	149	172	226	200	215	209	175	147	163	3
139	136	134	126	122	120	125	169	197	194	177	111	142	6
129	134	139	129	126	136	157	182	184	159	149	124	153	7
130	136	128	124	119	123	143	155	**168**	156	141	111	*133*	24
87	78	73	72	81	101	97	112	103	105	113	100	90	3
116	97	108	118	129	139	148	122	151	129	105	126	110	4
88	77	72	76	86	96	77	96	106	93	85	44	88	5
131	129	129	127	130	146	136	126	146	152	134	130	140	6
75	86	84	84	84	79	71	60	64	67	82	79	90	4
99	93	93	95	102	112	106	103	**114**	109	104	96	*103*	22
87	75	62	56	62	53	45	74	104	103	86	75	91	4
86	92	90	89	91	86	84	85	72	86	80	74	90	4
86	113	106	106	118	105	67	62	63	81	95	81	106	5
120	120	115	114	111	122	119	124	139	184	150	124	127	10
121	117	114	109	105	114	129	102	110	109	105	93	118	5
100	103	97	95	97	96	89	89	98	**113**	103	89	*107*	28

Tabelle I. Potentialgefälle in $\frac{\text{Volt}}{\text{m}}$.

	0^h—1^h	1—2	2—3	3—4	4—5	5—6	6—7	7—8	8—9	9—10	10—11	11—M
Juli												
1905	57	54	39	41	43	87	149	156	147	135	132	128
1906	54	48	51	42	43	75	130	132	137	119	126	95
1907	104	96	112	124	114	139	227	258	233	206	212	200
1908	119	109	104	91	94	120	177	199	206	171	165	151
1909	111	94	90	96	93	119	164	170	189	186	181	160
Mittel	89	80	79	79	77	108	169	**183**	182	163	163	147
August												
1905	40	48	36	41	47	66	109	154	163	125	111	98
1906	143	127	116	106	109	146	199	214	199	213	189	168
1907	120	129	121	128	142	168	234	288	287	254	250	230
1908	124	110	91	85	72	87	162	224	224	197	179	159
1909	117	104	96	95	100	85	149	247	250	191	172	164
Mittel	109	104	92	91	94	110	171	**225**	225	196	180	164
September												
1905	61	45	36	27	24	34	104	179	169	167	142	128
1906	116	104	80	62	61	81	105	215	203	225	198	178
1907	94	119	144	147	163	214	202	159	201	206	201	164
1908	72	44	40	30	48	34	110	254	266	249	220	195
1909	100	79	86	83	104	101	151	241	234	179	139	136
Mittel	89	78	77	70	80	93	134	210	**215**	205	180	160
Oktober												
1905	47	43	37	42	41	58	70	80	129	168	175	150
1906	164	144	125	127	103	134	124	208	281	335	319	311
1907	99	73	101	89	76	125	138	207	308	252	234	190
1908	100	86	66	74	90	89	95	160	236	217	229	165
1909	130	101	100	115	102	117	146	197	234	199	161	147
Mittel	108	89	86	89	82	105	115	170	**238**	234	224	193
November												
1905	116	114	108	89	115	127	176	185	226	224	289	312
1906	115	116	114	118	141	144	189	217	226	246	218	200
1907	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1908	131	79	75	110	120	121	112	215	210	206	231	232
1909	162	146	120	117	132	171	203	234	257	251	214	243
Mittel	131	114	104	108	127	141	170	213	230	232	238	**247**
Dezember												
1905	97	97	87	82	94	109	159	180	170	128	125	140
1906	161	112	95	132	178	288	244	266	293	311	232	310
1907	199	157	135	138	139	185	216	240	297	377	395	348
1908	186	157	124	140	182	261	274	290	268	291	278	261
1909	187	157	151	171	197	244	322	354	442	448	328	276
Mittel	166	136	118	133	158	217	243	266	294	**311**	272	267

Stundenmittel.

M—1	1—2	2—3	3—4	4—5	5—6	6—7	7—8	8—9	9—10	10—11	11h—0h	Tages-mittel	Tage
127	122	108	110	113	109	116	134	128	105	78	52	103	5
79	92	84	95	100	102	138	156	133	97	74	58	94	4
189	185	179	177	171	171	156	162	159	136	153	118	166	10
129	126	117	112	105	119	126	169	190	215	201	169	145	8
142	144	141	140	144	157	160	186	157	144	136	139	143	6
133	134	126	127	127	132	139	**161**	153	139	128	107	*130*	33
85	85	82	82	68	78	88	95	92	89	84	56	84	7
155	153	146	141	148	140	127	133	141	141	141	136	151	8
196	201	195	196	202	208	210	228	187	139	124	140	191	10
150	144	136	99	136	156	172	167	216	220	206	149	153	4
141	137	129	126	135	141	151	190	159	150	137	115	145	5
145	144	138	129	138	145	150	**163**	159	148	138	119	*145*	34
128	125	122	115	115	120	132	143	121	110	90	67	104	4
142	133	136	124	127	133	125	150	215	185	152	146	142	5
159	152	155	203	222	223	228	244	214	84	86	91	170	2
172	171	159	157	139	140	184	227	230	164	140	116	148	5
119	122	126	101	93	85	65	96	126	121	83	61	118	6
144	141	140	140	139	140	147	172	**181**	133	110	96	*136*	22
142	163	142	162	195	181	191	171	137	100	82	70	116	6
235	217	204	192	176	161	191	192	183	178	139	143	191	5
155	146	147	168	182	210	259	319	282	243	193	138	180	5
126	126	116	112	120	125	116	125	150	127	100	74	126	4
135	126	117	114	116	142	161	161	166	176	140	139	143	8
159	156	145	150	158	164	184	**194**	184	165	131	113	*152*	28
199	194	162	184	203	200	152	155	131	112	101	103	166	5
195	188	197	209	197	263	294	259	231	190	150	138	190	6
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
123	115	117	172	286	348	480	272	212	154	166	150	185	2
234	230	230	235	230	226	229	276	237	219	170	177	206	7
188	182	176	200	229	259	**289**	241	203	169	147	142	*187*	20
154	171	179	183	156	136	153	200	165	167	140	135	142	6
472	444	448	201	262	326	359	351	186	172	161	141	256	2
405	385	385	357	281	475	389	444	419	320	262	201	298	4
241	241	242	227	242	196	196	224	219	223	212	169	222	5
219	241	259	258	242	272	291	300	305	311	252	184	267	5
298	296	303	245	237	281	278	**304**	259	239	205	166	*237*	22

dem Benndorfschen Apparat registriert wurde. Aber auch die älteren Beobachtungen[1]) bestätigen diese Tatsache.

Tabelle 2.

	Potsdam[2]) 1904—1908	München 1905—1910	Aibling[3]) 1906—1907	Krems-münster[4]) 1902—1903
Meereshöhe . . .	80 m	528 m	480 m	384 m
Winter	303 $\frac{\text{Volt}}{\text{m}}$	250 $\frac{\text{Volt}}{\text{m}}$	194 $\frac{\text{Volt}}{\text{m}}$	136 $\frac{\text{Volt}}{\text{m}}$
Sommer	217 „	140 „	132 „	82 „
Jahresmittel . . .	**239** „	**168** „	**149** „	**98** „

Die vorstehende Zusammenstellung der Mittelwerte läßt zwei Beziehungen deutlich hervortreten. Für die beiden Beobachtungstationen der Oberbayerischen Hochebene ergeben sich, trotz der 42 km betragenden Entfernung, in gleichen Zeitabschnitten sehr gut miteinander übereinstimmende Mittelwerte. Andererseits unterscheiden sich aber diese Mittelwerte in ausgesprochener Weise von denen, die in anderen, topographisch und geographisch verschiedenen Gebieten erhalten wurden, so daß zunächst schon eine deutliche Beziehung zur Höhenlage daraus hervortritt. Diese Tatsachen ermutigen entschieden dazu, gleichzeitige („Termin-") Beobachtungen auch über weitere, noch differentere Erdräume zu erstrecken, wie es schon seit langem von der luftelektrischen Kommission der kartellierten deutschen Akademien geplant und vorbereitet ist[5]).

[1]) Ebenda S. 22. [2]) K. Kähler, l. c. S. 146.

[3]) A. Daunderer, Dissertation, S. 37 und 89.

[4]) B. Zölß, Wiener Akad. Ber., math.-phys. Kl. **112** (IIa), 1412, 1903.

[5]) Protokoll über die Sitzung der luftelektrischen Kommission der kartellierten deutschen Akademien zu München am 26. Oktober 1907. Sitz.-Ber. d. Bayer. Akad. d. Wissenschaften, math.-phys. Kl. **37**, Heft 3, S. 15, 1907.

2. Jährliche Periode des Potentialgefälles.

Wie an allen Beobachtungsstationen in Europa[1]) ergab sich auch in München eine einfache jährliche Periode des Potentialgefälles mit einem Maximum im Winter und einem Minimum im Sommer (Fig. 5). Diese jährliche Periode des Potentialgefälles (Tabelle 3) hat im allgemeinen den umgekehrten Gang wie die Lufttemperatur (Fig. 5 punktierte Linie T), die für die ausgewählten 327 Tage den meteorologischen Aufzeichnungen der Sternwarte entnommen wurde. (Dreimalige tägliche Ablesung des trockenen beschatteten Thermometers um 8^h a, 2^h p und 8^h p). Das Maximum des Gefälles und das Minimum der Temperatur fällt auf den Januar. Das Minimum des Potentialgradienten tritt aber früher ein (im Mai) als das Maximum der Temperatur (im Juli). Hiebei ist aber zu beachten, daß mehr als die Lufttemperatur die Wärme der obersten Bodenschichten auf den Gang des Potentialgefälles, vor allem im Sommer, einen entscheidenen Einfluß ausübt. Nach den Messungen Eberts und seiner Schüler[2]) kann es keinem Zweifel mehr unterliegen, daß neben anderen Faktoren ganz besonders die Bodenwärme eine „Bodenatmung" verursacht, welche hauptsächlich den Gang der luftelektrischen Elemente bewirkt. Dementsprechend ist in den Monaten Mai—Juni, zu welcher Zeit die Wärmeeinnahme des Bodens in unseren Breiten ein Maximum[3]) erreicht, also auch die größte Menge Bodenluft mit ihren Emanationen[4]) und fertig gebildeten Ionen aus dem Boden austritt, ein Maximum der Leitfähigkeit und damit ein Minimum des Potentialgefälles zu erwarten. In

[1]) A. Gockel, Die Luftelektrizität. Leipzig 1908, S. 95. — H. Mache und E. v. Schweidler, Die atmosph. Elektrizität. Braunschweig 1909, S. 24,

[2]) H. Ebert und K. Kurz, Abhandl. d. K. Bayer. Akad. d. Wissensch., math.-phys. Klasse **25**, 33, 1909. Phys. Zeitschr. **11**, 396, 1910. — A. Daunderer, Diss., S. 26. Meteorol. Zeitschr. **26**, 303, 1909. Phys. Zeitschr. **10**, 116, 1909. — L. Endrös, Diss., München (Techn. Hochsch.) 1909, S. 32 und 37. — H. Ebert, Phys. Zeitschr. 10, 351, 1910.

[3]) H. Hann, Lehrbuch d. Meteorol., II. Aufl. Leipzig 1906, S. 46.

[4]) L. Endrös, l. c., S. 33.

der Tat stellte sich bei den direkten Messungen der Leitfähigkeit in München 1909 (s. II.) und in Potsdam[1]) 1909/10 das Hauptmaximum im Mai ein.

Tabelle 3.

Jährlicher Gang des Potentialgefälles. (Monatsmittel.)

Jahr	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Septemb.	Oktober	Novemb.	Dezemb.	Jahresmittel	Zahl der Tage
1905	—	—	—	—	90	91	103	84	104	116	166	142	151	68
1906	203	278	174	111	110	90	94	151	142	191	190	256	166	63
1907	268	183	124	94	88	106	166	191	170	180	—	298	170	55
1908	307	250	170	163	140	127	145	153	148	126	185	222	178	66
1909	233	266	206	142	90	118	143	145	118	143	206	267	173	75
1910	314	261	185	153	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mittel	**265**	248	172	133	*104*	106	130	145	136	151	187	237	168	65

Zur Erklärung der hohen Winterwerte des Potentialgefälles kann die Bodenatmung allerdings nicht herangezogen werden, die, wie Daunderer[2]) gezeigt hat, zur kalten Jahreszeit nur eine ganz untergeordnete Rolle spielt. Wenn auch im Winter die kalten ruhenden Luftschichten mit oftmals nebeliger Trübung eine starke Verminderung der Leitfähigkeit und ein Steckenbleiben der von oben einwandernden + Ionen, und damit eine Erhöhung des Potentialgefälles verursachen werden, so bedürfen doch die luftelektrischen Vorgänge im Winter noch einer besseren Durchforschung.

3. Tägliche Periode des Potentialgefälles.

In München ergab sich während der wärmeren Jahreszeit, März—November, ein ausgesprochen doppelter täglicher Gang des Potentialgefälles mit zwei Maximalstellen etwa um 8^h a

[1]) K. Kähler, Veröff. d. K. Preuß. Meteor. Instituts. Berlin 1910, Nr. 223, S. XXI.

[2]) A. Daunderer, Diss., S. 26 und 37.

und um 8^h p und zwei Minimalstellen um 3^h a und um 3^h p. Auch hier zeigt sich das fast überall beobachtete tiefe Hauptminimum in den ersten Morgenstunden, auf das A. Chauveau [1]) zuerst mit besonderem Nachdrucke hinwies. Die Lage des Morgen- und Abendmaximums ändert sich mit der Jahreszeit und fällt etwa zwei Stunden nach Sonnenauf- bzw. Untergang (Fig. 6 und Tabelle 4).

Im Winter nähert sich die tägliche Periode der einfachen, jedoch ist an den ausgewählten, normalen Tagen das Abendmaximum nach Sonnenuntergang noch angedeutet. Dies rührt hauptsächlich von der Auswahl der zur Ermittlung des täglichen Ganges verwendeten Tage her. Es zeigte sich nämlich, daß, besonders an klaren, völlig dunst- und wolkenlosen Wintertagen, eine ausgesprochen doppelte tägliche Periode mit scharf ausgeprägtem Abendmaximum auftritt. An vielen anderen, jedoch zur Auswertung nicht minder geeigneten Tagen, blieb das Abendmaximum aus.

Im Sommer tritt fast durchwegs die doppelte tägliche Periode auf, wobei namentlich im Frühling und Herbst das Abendmaximum scharf hervortritt (Fig. 6). Und doch beobachtete ich verschiedentlich auch im Sommer, namentlich im Mai und Juni ein Ausbleiben des Abendmaximums an völlig heiteren Tagen. Ich habe mich an solchen Abenden wiederholt davon vergewissert, daß keinerlei zufällige Mängel des Apparates, wie ungenügende Isolation, Unwirksamkeit der Poloniumsonde etc., die Aufzeichnungen des Elektrometers beeinträchtigten. Aus diesen Gründen habe ich denn auch diese, sonst völlig einwandsfreien Tage, zur Mittelbildung mit herangezogen. Die Kurven für Mai und Juni zeigen daher eine Verflachung des Abendmaximums.

Eine gute Übersicht, sowohl über den täglichen, als auch jährlichen Verlauf des Potentialgefälles, gibt die Darstellung durch Isoplethen (Fig. 7). Der Mittelwert des Potential-

[1]) A. B. Chauveau, Recherches sur l'électricité atmosphérique. Paris 1902, S. 110.

Tabelle 4. Täglicher Gang des Potentialgefälles (Stundenmittel).

	0^h—1^h	1—2	2—3	3—4	4—5	5—6	6—7	7—8	8—9	9—10	10—11	11—M	M—1	1—2	2—3	3—4	4—5	5—6	6—7	7—8	8—9	9—10	10—11	11^h—0^h	Tagesmittel	Tage
Januar . . .	188	173	159	170	198	217	272	304	330	301	312	338	307	323	323	255	264	290	301	305	289	274	224	204	265	31
Februar . . .	167	152	141	145	155	185	221	255	299	310	300	304	292	296	285	260	273	277	291	299	298	286	242	212	248	26
März	126	113	98	106	110	136	176	224	231	229	221	207	185	181	169	157	161	162	185	205	226	197	174	150	172	37
April	93	82	79	81	82	94	166	211	186	175	161	140	130	136	128	124	119	123	143	155	168	156	141	111	133	24
Mai	73	62	60	59	60	88	150	176	163	135	124	108	99	93	93	95	102	112	106	103	114	109	104	96	104	22
Juni	89	79	74	65	75	100	160	182	157	151	134	117	100	103	97	95	97	96	89	89	98	113	103	89	106	28
Juli	89	80	79	79	77	108	169	183	182	163	163	147	133	134	126	127	127	132	139	161	153	139	128	107	130	33
August . . .	109	104	92	91	94	110	171	225	225	196	180	164	145	144	138	129	138	145	150	163	159	148	138	119	145	34
September . .	89	78	77	70	80	93	134	210	215	205	180	160	144	141	140	140	139	140	147	172	181	133	110	96	136	22
Oktober . . .	108	89	86	89	82	105	115	170	238	234	224	193	159	156	145	150	158	164	184	194	184	165	131	113	151	28
November . .	131	114	104	108	127	141	170	213	230	232	238	247	188	182	176	200	229	259	289	241	203	169	147	142	187	20
Dezember . .	166	136	118	133	158	217	243	266	294	311	272	267	298	296	303	245	237	281	278	304	259	239	205	166	237	22
Mittel . . .	119	105	97	100	108	133	179	218	**229**	220	209	199	182	182	177	165	170	182	192	**199**	194	177	154	134	**167**	327

gefälles, 168 $\frac{\text{Volt}}{\text{m}}$, ist durch einen stark ausgezogenen Linienzug eingezeichnet. Die strich-punktierten Kurven geben die Zeit des Sonnenauf- und Unterganges an.

Ein Vergleich dieser Isoplethentafel mit denen von Potsdam[1]) und Kew[2]) zeigt in den allgemeinen Zügen einen ganz ähnlichen Verlauf für alle drei Stationen, nur herrscht in München, ebenso wie in Kew die doppelte tägliche Periode während des ganzen Jahres mehr vor, als in Potsdam.

Vergleich mit den Lamontschen Relativwerten.

Wie eingangs erwähnt, maß J. Lamont in den Jahren 1850—1856 die Potentialdifferenz zwischen Luft und Erde in relativem Maße. Die Beobachtungen wurden stündlich von morgens 7^h bis abends 6^h nach der Methode von Dellmann auf dem Dache der hiesigen Sternwarte angestellt. Da Lamont das gesamte luftelektrische Beobachtungsmaterial zusammen mit den fortlaufend angestellten meteorologischen Beobachtungen veröffentlichte[3]), so konnte auch dieses Material nach denselben Gesichtspunkten geordnet werden, wie die Registrierungen 1905—1910. Die Mittelwerte der ausgewählten, heiteren Tage in Lamonts relativem Maße sind in der Tabelle 5 zusammengestellt.

Der mittlere tägliche Gang für das ganze Jahr ergibt sich aus der letzten Vertikalspalte der Tabelle 5. Wenn sich auch hieraus nur der Verlauf des Potentialgefälles (in relativem Maße) während der Tagesstunden 7^h a — 6^h p entnehmen läßt, so zeigt doch der Vergleich mit den Registrierungen (1905/10) eine gute Übereinstimmung (Fig. 6). Auch bei Lamont tritt ein Maximum des Potentialgefälles um 8^h a ein, ein flaches

[1]) G. Lüdeling, Tätigkeitsbericht d. K. Preuß. Meteorol. Inst. 1909, Anhang S. 156.

[2]) C. Chree, Pilos. Transactions of the Royal Society of London, Ser. A, Vol. 206, 307, 1906 und J. B. Messerschmitt, Referat in Naturw. Rundschau 24, 122, 1909.

[3]) J. Lamont, l. c.

Tabelle 5. **Potentialgefälle nach J. Lamont 1850—1856.**

Stunde	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Mittel
7^h a	6,23	5,61	5,44	5,19	4,19	4,44	3,70	4,09	4,10	4,59	5,69	5,47	4,89
8^h a	6,23	6,80	6,70	5,29	3,93	3,44	3,68	3,88	3,85	5,41	5,44	6,77	**5,11**
9^h a	6,47	6,81	6,59	4,72	3,47	3,12	3,15	3,81	3,75	5,11	6,00	6,67	4,97
10^h a	6,86	6,76	5,95	3,94	3,16	3,03	3,18	3,60	3,25	4,60	5,79	7,01	4,76
11^h a	7,03	7,03	5,51	3,80	3,06	2,64	3,05	3,45	3,10	3,99	5,31	6,53	4,54
M	6,61	7,03	5,40	3,80	2,87	2,58	3,00	3,30	2,93	4,00	5,88	6,80	4,52
1^h p	6,10	6,58	5,37	3,77	2,88	2,52	2,84	3,03	2,96	3,41	4,98	6,90	4,28
2^h p	6,30	6,02	4,97	3,64	2,89	2,67	2,92	3,06	2,86	3,55	5,36	6,84	4,26
3^h p	6,17	6,47	5,08	3,58	2,92	2,72	2,83	3,19	2,82	3,59	5,26	6,34	4,25
4^h p	6,23	6,41	4,75	3,75	2,96	2,69	2,75	3,01	2,81	3,43	5,70	6,41	4,24
5^h p	5,92	6,53	4,63	3,61	2,78	2,73	2,86	2,80	2,49	3,37	5,07	5,61	**4,03**
6^h p	6,19	6,36	4,59	3,48	2,62	2,67	2,70	2,83	2,48	3,60	5,78	6,67	4,16
Mittel	6,36	**6,53**	5,41	4,05	3,14	*2,93*	3,06	3,34	3,12	4,05	5,52	6,50	
Zahl der Beob.-Tage	46	39	61	53	50	56	79	72	66	47	28	49	54

Minimum in den Nachmittagsstunden, das um 5^h p seinen tiefsten Wert erreicht. Später steigt die Kurve wieder an und scheint, wie bei den Registrierungen, einem zweiten Maximum zuzustreben.

Auch der jährliche Verlauf des Potentialgefälles nach Lamont (Tabelle 5, vorletzte Horizontalreihe und Fig. 5, Kurve *L*) ist derselbe, wie bei den registrierten Werten: einfache Welle, Maximum im Winter, Minimum im Frühjahr. Wie bei den Registrierungen schwankt die Eintrittszeit des Wintermaximums in den einzelnen Jahren zwischen Dezember und Februar. Der höchste Mittelwert tritt bei Lamont (1850/56) im Februar auf, bei mir (1905/10) im Januar. Das Minimum geht auch bei Lamont dem Eintritt der heißesten Jahreszeit voraus. Es fällt in den Juni, bei mir in den Mai (Fig. 5). Bemerkenswert erscheint noch, daß auch Lamont im August ein sekundäres Maximum beobachtet hat, das sich auch bei den Registrierungen fast in jedem Jahre einstellt (siehe Tabellen 4 und 5).

In den Wintermonaten, Dezember—Februar, ist das Potentialgefälle in Lamonts relativem Maße 6,46, im Sommer, März—November, 3,85. Das Verhältnis Winterwert : Sommerwert ist also $= \frac{6{,}46}{3{,}85} = 1{,}7$. Es ist dies fast genau derselbe Wert, der sich auch aus den Registrierungen ergibt (1,8).

Die Ergebnisse der vorstehenden Arbeit sind hauptsächlich:

1. Es wird eine Aufstellungsart des Benndorfschen Apparates beschrieben, die sich während einer fünfjährigen Registrierperiode gut bewährt hat.

2. Zur direkten Ablesung der Stunden-Mittelwerte wird eine einfache Vorrichtung angegeben.

3. Für die Registrierperiode 1905/10 ergibt sich aus 327 ungestörten, heiteren Tagen ein Jahresmittel für das Potentialgefälle in München von 168 $\frac{\text{Volt}}{\text{m}}$, reduziert auf die Ebene. In den Sommermonaten (März—November inkl.)

140 $\frac{\text{Volt}}{\text{m}}$, für den Winter (Dezember—Februar inkl.) 250 $\frac{\text{Volt}}{\text{m}}$, in guter Übereinstimmung mit den anderwärts auf der Oberbayerischen Hochebene gemessenen Werten.

4. Die auf der Bayerischen Hochebene gefundenen Werte für das Potentialgefälle sind im Mittel 1,4 mal kleiner als in der Norddeutschen Tiefebene.

5. In München ergab sich eine einfache jährliche Periode für das Potentialgefälle mit einem Maximum im Januar und einem Minimum im Mai. Potentialgefälle und Bodentemperatur (nicht Lufttemperatur!) verlaufen spiegelbildlich, was deutlich auf einen Bodeneinfluß („Bodenatmung") hinweist.

6. Das Potentialgefälle besitzt in München eine ausgesprochen doppelte tägliche Periode mit zwei Maximalstellen nach Sonnenaufgang und nach Sonnenuntergang und zwei Minimalstellen etwa um 3^h a und 3^h p. Im Winter nähert sich diese doppelte Periode der einfachen, bleibt aber an besonders klaren, heiteren Wintertagen erhalten.

7. Zur Übersicht über den jährlichen und täglichen Gang des Potentialgefälles und zum Vergleich desselben mit anderen Stationen werden die Isoplethen des Potentialgefälles für München gezeichnet.

Fig. 1.

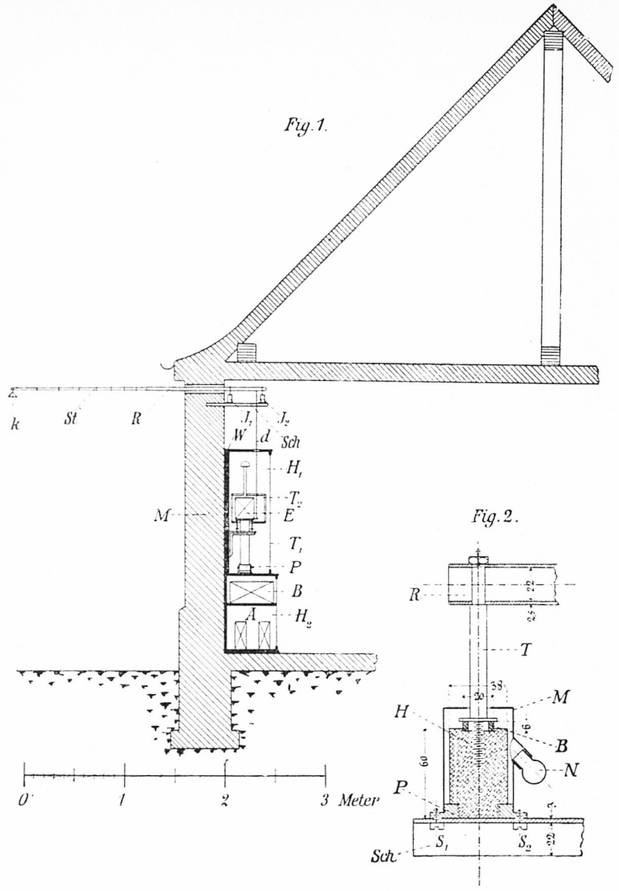


Fig. 2.

Fig 4

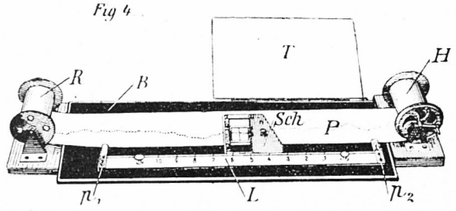


Fig. 3.

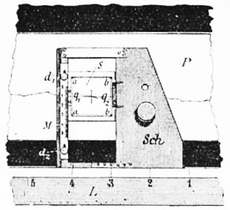


Fig. 5.

Jährlicher Gang des Pot. Gef. (P) und der Lufttemperatur (T)

Lamonts Relativwerte des Pot. Gef. (L)

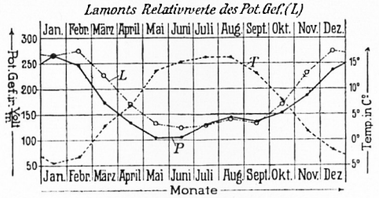


Fig. 7.

Isoplethen des luftelektrischen Potentialgefälles in München (1905-1910)

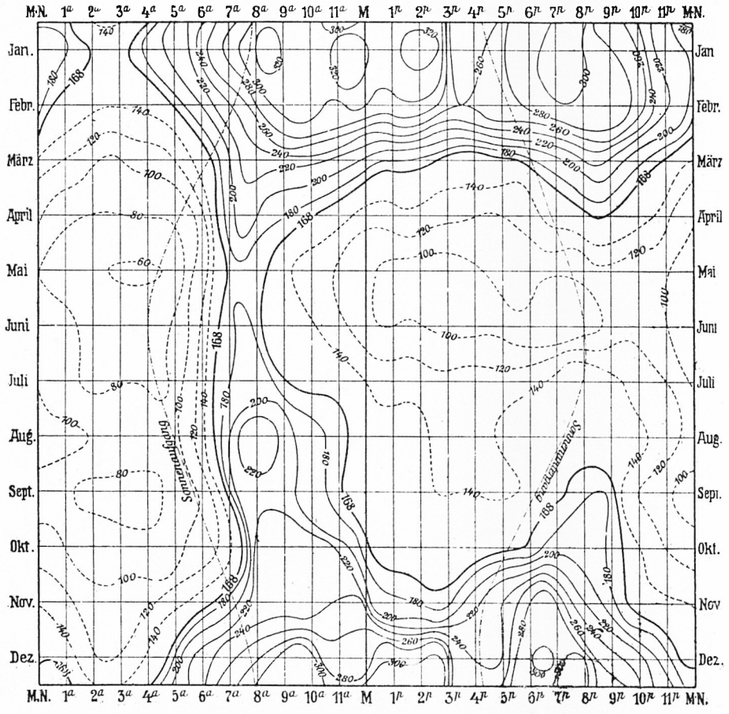


Fig. 6

Täglicher Gang des Potentialgefälles.

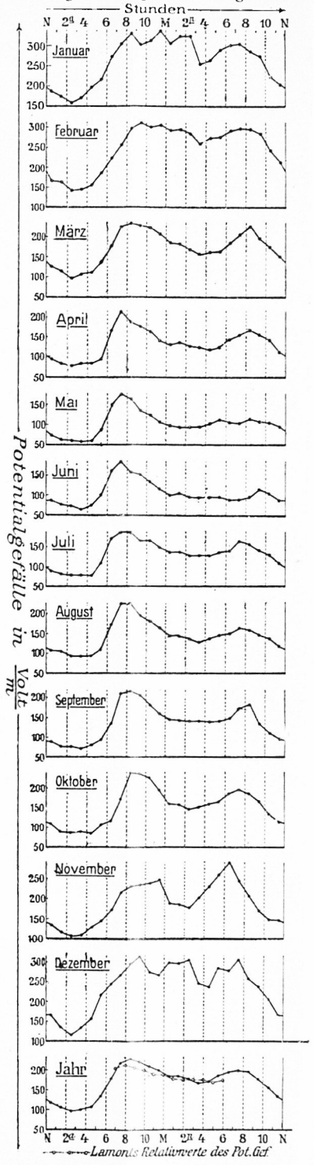


Fig.1.

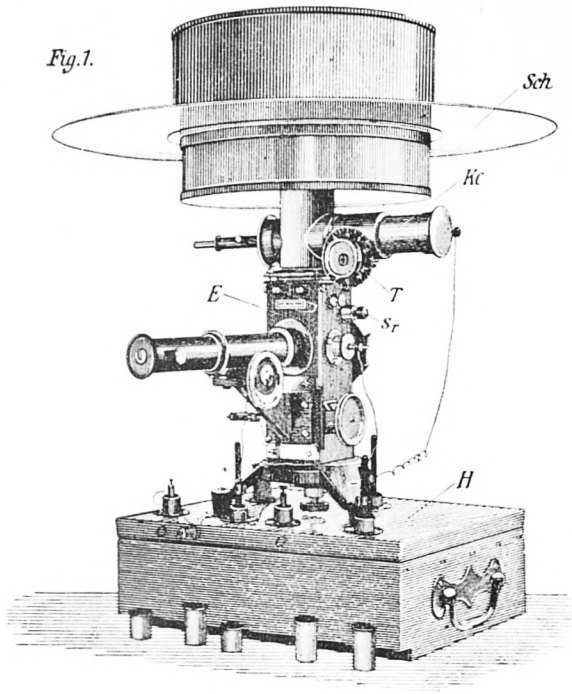


Fig.2

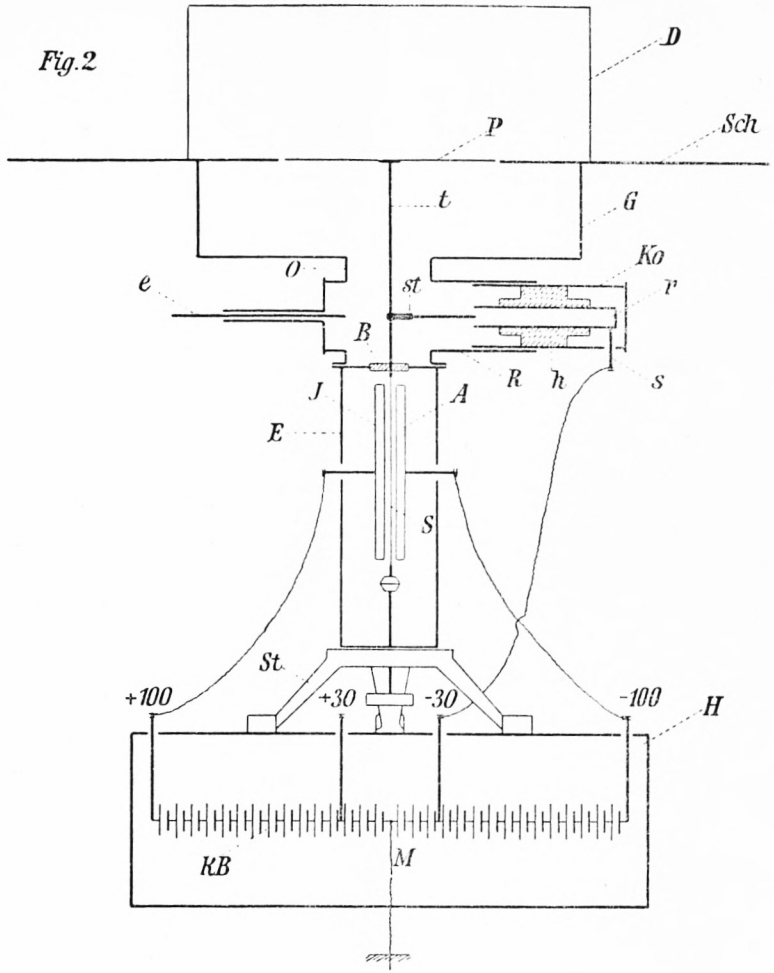


Fig.3.

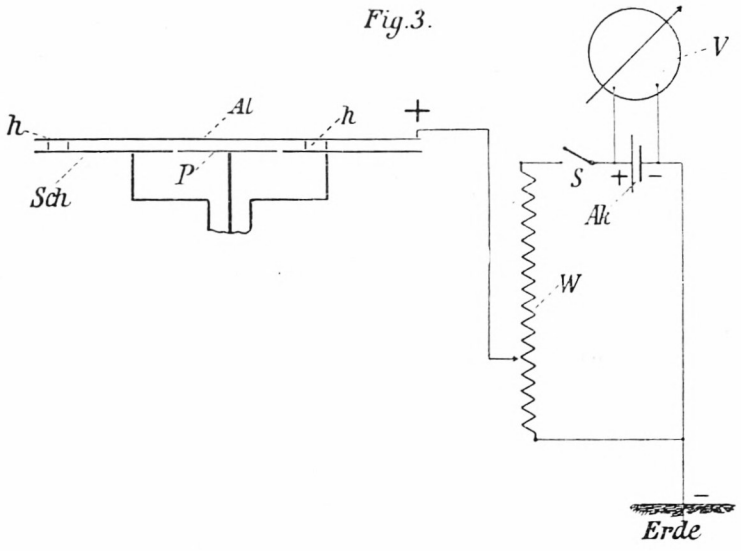
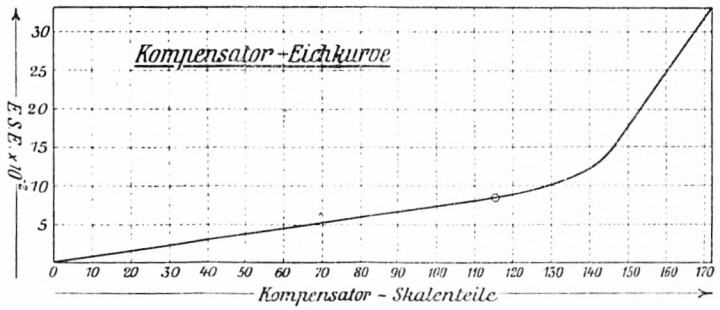


Fig.4.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Sitzungsberichte der mathematisch-physikalischen Klasse der Bayerischen Akademie der Wissenschaften München

Jahr/Year: 1911

Band/Volume: 1911

Autor(en)/Author(s): Lutz Carl W.

Artikel/Article: Luftelektrische Messungen am Erdmagnetischen Observatorium (Sternwarte) München. Registrierung des Potentialgefälles 1905 - 1910 305-328