

Luftelektricität und Temperatur

Autor(en): **[s.n.]**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles =
Bulletin der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg**

Band (Jahr): **7 (1893-1897)**

Heft 1-2

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-306955>

Nutzungsbedingungen

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

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

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

Haftungsausschluss

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

Luftelektricität und Temperatur.

Seitdem L. Monnier in Paris wenige Jahre nach dem berühmten Franklin'schen Versuche der Nachweis geglückt war, dass die Atmosphäre nicht nur vor Ausbruch eines Gewitters, sondern stets elektrisch sei, wurde das Studium der atmosphärischen Elektricität an verschiedenen Orten mit grossem Eifer aufgenommen, leider waren die erhaltenen Resultate unter sich wenig vergleichbar. In ein neues Stadium sind diese Forschungen getreten, seitdem Thomson und dann mit besonderem Nachdruck F. Exner die Forderung aufgestellt haben, dass als die zu messende Grösse das elektrische Potentialgefälle in der Richtung der Vertikalaxe über einer freien Ebene betrachtet werde. Indem man die Potentialdifferenz eines frei in der Atmosphäre befindlichen Punktes gegenüber der Erde und gleichzeitig dessen vertikalen Abstand von der Erde mass, erhielt man vergleichbare Zahlen, da sich herausstellte, dass das elektrische Feld über einer Ebene ein homogenes ist, so dass die beobachtete Potentialdifferenz leicht umgerechnet werden kann in die Differenz, welche zur gleichen Zeit und am gleichen Orte herrschen würde, zwischen der Erde und einem in einem Meter Abstand senkrecht darüber gelegenen Punkte. Und eine weitere Förderung erfuhr das Studium der Luftelektrizität auch dadurch, dass F. Exner handliche Apparate angab, mittelst welcher überall bequeme Messungen angestellt werden konnten,

und dass er endlich eine Formel aufstellte, welche eine gesetzmässige Beziehung gab, zwischen dem jeweils herrschenden Potentialgefälle und dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft. Exner¹ hat die Richtigkeit seiner Formel durch Beobachtungen an verschiedenen Orten, in Wien, St. Gilgen, Salzkammergut, Venedig und auf Ceylon geprüft und wenn sich auch einzelne auffallende Abweichungen einstellten, so fügten sich doch im Grossen und Ganzen die meisten Beobachtungen der Formel gut ein. Bedenklicher als die einzelnen Beobachtungen, die sich der Formel nicht fügen wollten und die sich allerdings durch die Beobachtungen Anderer noch mehrten, erschien für die Exnersche Theorie der Umstand, dass sich ihre physikalischen Unterlagen nicht haltbar erwiesen. Exner hatte die Hypothese aufgestellt, dass der Wasserdampf negative Elektrizität von der Erde entführe, aber durch sorgfältige Versuche verschiedener Forscher wurde nachgewiesen, dass eine Mitnahme von Elektrizität durch Wasserdämpfe nicht stattfindet.

Angesichts dieser Thatsache und der mannigfaltigen Abweichungen, welche die Beobachtungen von der Exner'schen Formel ergaben, so verläuft z. B. die tägliche Periode des Potentialgefälles gerade umgekehrt als die Abhängigkeit vom Dampfdruck es erfordern würde, lag es nahe, die in manchen Fällen unzweifelhaft vorhandene Abhängigkeit des Potentialgefälles von dem Dampfgehalt der Luft in anderer Weise zu erklären. Selbst wenn die Exner'sche Formel durch die Beobachtung in allen Fällen wäre bestätigt worden so würde ihr zunächst doch nur die Bedeutung einer empirischen Formel zukommen, denn bei den mannigfaltigen Wechselbeziehungen der meteorologischen Faktoren unter sich, darf man am allerwenig-

¹) Exner, Wien, Ber. 97, Abt. IIa, S. 277, 1889.

sten in der Meteorologie aus zeitlichen Beziehungen auf ursächliche schliessen. Das Potentialgefälle steigt mit abnehmendem Dampfdruck und mit zunehmender Temperatur, steigt ferner anscheinend mit der Zunahme des Staubgehaltes, sowie des Luftdruckes und fällt mit wachsender Intensität der ultravioletten Strahlung. Und diese Beziehungen müssen bestehen, wenn nur eine besteht, weil die genannten Faktoren mehr oder minder von einander abhängig sind. Schon Exner hatte hervorgehoben, dass innerhalb eines und desselben Dampfdruckintervalles das Potentialgefälle in sehr weiten Grenzen schwankt, und dass die einzelnen Wert eine Abhängigkeit von der Temperatur zeigen. Elster und Geitel¹ sowohl als Kircher² haben diese Beobachtung bestätigt, aber erst Braun³ hat dieselbe weiter verfolgt. Indem er seine Beobachtungen nach der Temperatur ordnete und innerhalb jedes Temperaturintervalles Unterabteilungen nach dem Dampfdruck machte und dann zweitens umgekehrt innerhalb desselben Dampfdruckintervalles die Einzelbeobachtungen nach der Temperatur ordnete, fand er, dass die Abhängigkeit des Potentialgefälles von der Temperatur weit schärfer hervortrat als die von dem Dampfdruck, und er kommt zu dem Resultat, dass Grund genug vorhanden sei noch weiter, auf Grund umfangreichen Betrachtungsmaterialies, zu untersuchen ob nicht der Zusammenhang zwischen Potentialgefälle und Dampfdruck, der unleugbar besteht, nur sekundärer Natur ist, und zwar vermittelt durch die Temperatur.

¹ Elster u. Geitel, Wien, Ber., Bd. 98, 1889.

² E. Kircher, Wissenschaftliche Beilage zum Jahresbericht des Realgymnasiums in Saalfeld. 1895.

³ W. Braun, Messungen des Potentialgefälles der Luftelektricität in Bamberg. Separatabdruck aus dem XIII. Jahresbericht der Naturforschenden Gesellschaft in Bamberg.

Die Bemerkungen Brauns veranlassten nun zunächst Trabert¹ die Beobachtungen Kirchers in Meiningen, von denen oben die Rede war, in derselben Weise zu ordnen. Er fasste also jeweils die Beobachtungen zusammen, die bei annähernd demselben Dampfdruck angestellt waren, also z. B. bei Dampfdrucken zwischen 4 und 6 mm und ordnete innerhalb einer solchen Gruppe die Beobachtung nach der Temperatur. Es zeigte sich, dass innerhalb einer solchen Gruppe das Potentialgefälle fast ausnahmslos mit der steigenden Temperatur bei fast unveränderlichem, hie und da sogar abnehmendem Dampfdruck fällt.

Ich selbst habe schon, bevor die Messungen Kirchers und Brauns veröffentlicht wurden, angeregt durch die Herren Elster und Geitel, im Jahre 1892 in Ladenburg a. N. Beobachtungen begonnen, die dann 3 $\frac{1}{2}$ Jahre lang fortgesetzt wurden. Ich will auf die Einzelheiten meines Messungsverfahrens hier nicht näher eingehen, da ich dasselbe an einem andern Ort dargelegt habe.² Hier kann es sich nur darum handeln, die Beziehungen zwischen dem Potentialgefälle und der Temperatur auseinander zu setzen. Ich gebe zunächst zu diesem Zweck nachstehende Tabelle. Ich habe darin jeweils die Beobachtungen zusammengefasst, die bei annähernd gleichem Dampfdruck d. h. innerhalb eines Intervalles von 2 mm angestellt wurden. Weggelassen wurden die Resultate, die bei Dampfdrucken unter 2 mm gewonnen wurden, aus dem Grunde, weil ein derartig niederer Dampfdruck in unserm Klima nur bei sehr niederen Temperaturen vorkommt, und sich bei solchen immer Dunst und Nebel über der Ebene ausbreitete, wodurch, wie ich an andern

¹) W. Trabert, Meteor. Zeitschrift, Bd. XIV, pag. 106, 1897.

²) Gockel, Meteor. Zeitschrift XX, pag. 281, 1897.

Tabelle I.

Dampfdruck- gruppe.	Mittlere Temperatur.	Mittlerer Dampfdruck.	Potentialgefälle.
2—3,9 ^{mm}	A — 2,8°C B + 4,0°C	3,1 ^{mm} 3,6 ^{mm}	922 $\frac{\text{Volt}}{\text{meter}}$ 76
4—5,9 ^{mm}	A + 6,8°C B + 10,5°C	4,8 ^{mm} 5,3 ^{mm}	101 $\frac{\text{Volt}}{\text{meter}}$ 70
6—7,9 ^{mm}	A 12,0°C B 18,0°C	6,8 ^{mm} 7,0 ^{mm}	79 $\frac{\text{Volt}}{\text{meter}}$ 64
8—9,9 ^{mm}	A 14,7°C B 21,2°C	8,8 ^{mm} 8,9 ^{mm}	81 $\frac{\text{Volt}}{\text{meter}}$ 71
10—11,9 ^{mm}	A 18,0°C B 22,2°C	10,6 ^{mm} 11,1 ^{mm}	66 $\frac{\text{Volt}}{\text{meter}}$ 86
12—16 ^{mm}	A 20,9°C B 23,6°C	12,8 ^{mm} 14,3 ^{mm}	69 $\frac{\text{Volt}}{\text{meter}}$ 63

Orten auseinandersetzte, die Resultate wesentlich getrübt wurden. Innerhalb jeder Dampfdruckgruppe wurden dann die Beobachtungen nach der Temperatur getrennt, so dass jede Untergruppe das Mittel aus annähernd gleich viel Beobachtungen enthält. Abgesehen von der Gruppe V, in der übrigens auch der Unterschied der Temperaturen kein besonders grosser ist, nimmt, wie man sieht, bei annähernd gleichbleibendem Dampfdruck das Potentialgefälle mit steigender Temperatur ab. Ein sicherer Beweis dafür, dass die Höhe des Potentialgefälles primär von der Temperatur abhängt, ist damit, wie schon oben bemerkt, noch nicht geführt, weil eben auch der Dampfdruck mit steigender Temperatur in allen Gruppen, wenn auch unbedeutend zunimmt. Es wäre also zunächst die Gegenprobe zu machen, indem man innerhalb derselben

Temperaturgruppe Unterabteilungen nach dem Dampfdruck macht. Ich habe eine derartige Tabelle zusammengestellt, verzichte aber hier auf die Wiedergabe, weil sich gar keine Beziehungen zwischen dem Dampfdruck und dem Potentialgefälle innerhalb derselben Temperaturgruppe nachweisen lassen. Dagegen gebe ich, um zu zeigen, wie wenig sich die Resultate meiner Beobachtungen der Exner'schen Formel anpassen eine diesbezügliche Tabelle. Eine Beziehung zwischen den einzelnen Beobachtungen des Potentialgefälles und dem gleichzeitig herrschenden Dampfdruck war von vornen herein

Tabelle II.
Abhängigkeit des Potentialgefälles vom Dampfdruck aus den
Tagesmitteln berechnet.

Dampfdruck- interwall.	Mitt- lerer Dampf- druck.	Mittlere Temperatur.	Poten- tial- gefälle. Voltmeter	Be- rechnet nach Exner.	Grösster - Kleinster		Anzahl der	
					Wert.		Beobach- tungstage	Einzelbeo- achtung.
0 bis 1,9	1,4	— 13,5°C	453	540	700	201	8	38
2 » 2,9	2,6	— 4,4°C	357	352	537	224	3	13
3 » 3,9	3,6	+ 1,8°C	406	274	165	66	10	80
4 » 4,9	4,5	8,4°C	83	228	141	46	6	49
5 » 5,9	5,4	11,1°C	90	195	176	41	12	91
6 » 6,9	6,4	15,5°C	69	168	87	46	8	63
7 » 7,9	7,5	15,3°C	67	146	136	38	10	52
8 » 8,9	8,6	18,1°C	85	128	132	61	5	35
9 » 9,9	9,5	18,7°C	60	118	68	51	3	14
10 » 10,9	10,4	18,7°C	68	95	78	51	5	31
11 » 16,2	12,8	21,7°C	65	—	82	44	8	3

nicht wahrscheinlich, da ja, wie schon bemerkt, die tägliche Periode des Potentialgefälles ganz anders verläuft, als es die Abhängigkeit vom Dampfdruck erfordern würde. Ich habe deshalb dem Vorgang der oben genannten Forscher folgend die Tagesmittel des Potentialgefälles mit denen der absoluten Feuchtigkeit verglichen. Für die Berechnung der Mittel wurden nur solche Tage in Betracht gezogen, an denen mindestens 4 gleichmässig über den ganzen Tag verteilte Beobachtungen vorlagen.

Von einer Uebereinstimmung zwischen den beobachteten und den nach der Exner'schen Formel¹ berechneten Werten kann nur insoweit die Rede sein, als den niedrigsten Dampfdrucken auch die höchsten Werte des Potentialgefälles entsprechen und umgekehrt. Angesichts des Umstandes, dass von der fünften Dampfdruckgruppe an eine wesentliche Abnahme des Potentialgefälles mit der Steigerung des Dampfdruckes nicht mehr stattfindet, habe ich auch auf jeden Versuch verzichtet durch Berechnung anderer Konstanten aus meinen Resultaten eine bessere Uebereinstimmung zwischen Beobachtung und Formel herzustellen. In der folgenden Tabelle habe ich nun zu-

Temperaturgruppe.	Mittlere Temperatur.	Mittleres Potentialgefälle.
—17° bis —10°C	—13,5°	453 Volt/meter
—10° » 0	— 2,5	208 »
0 » +5	+ 3,3	123 »
5 » 10	7,8	87 »
10 » 15	12,6	78 »
15 » 20	18,6	64 »
20 » 25	22,1	69 »

¹) Potentialgefälle = $\frac{A}{1+kq}$ (A u. k sind Konstanten, q Wasserdampfgehalt der Luft).

nächst auch wieder die Tagesmittel des Potentialgefälles mit denen der Temperatur zusammengestellt.

Es fragt sich zunächst, lässt sich der beträchtliche jährliche Gang des Potentialgefälles durch die Schwankungen der Temperatur erklären. Der jährliche Gang des Potentialgefälles für Deutschland ist in Fig. 1 nach den Beobachtungen von Bamberg, Ladenburg, Meiningen, und Wolfenbüttel dargestellt. Das Potentialgefälle der Luftelektricität erreicht seinen höchsten Stand im Februar, sinkt im März sehr rasch, im April bedeutend langsamer, hält sich dann den Sommer hindurch ziemlich konstant, steigt im September langsam, im Oktober sehr rasch und nähert sich dann langsam dem Maximum, das meistens in den Anfang des Februars, manchmal auch schon in den Januar fällt. Innerhalb der einzelnen Monate macht sich natürlich die Verschiedenheit der einzelnen Tage in Bezug auf ihren meteorologischen Charakter geltend, wie man aus Fig. 2, 3 und 4 erscheint, welche Figuren das durchschnittliche tägliche Potentialgefälle für die Monate Mai, Juni und September angeben.

Stellt man die bei derselben Temperatur gefundenen Werte des Potentialgefälles zusammen, und berechnet daraus den zu jeder Temperatur gehörigen durchschnittlichen Wert des Potentialgefälles, so kann man das Potentialgefälle gänzlich als eine Funktion der Temperatur darstellen. Wenn man den durch diese Temperaturkurve bestimmten Wert des Potentialgefälles als den normalen betrachtet, so können wir zunächst für jeden einzelnen Tag die Abweichung des Potentialgefälles vom normalen Wert und daraus dann, wie es auch Trabert¹ gethan hat, die mittlere Abweichung für jeden Monat bestimmen. Es ergiebt sich dann, dass in den Monaten Februar, März, September und Oktober das Potentialgefälle den normalen

¹ Trabert, Meteor. Zeitschrift 1897, Seite 108.

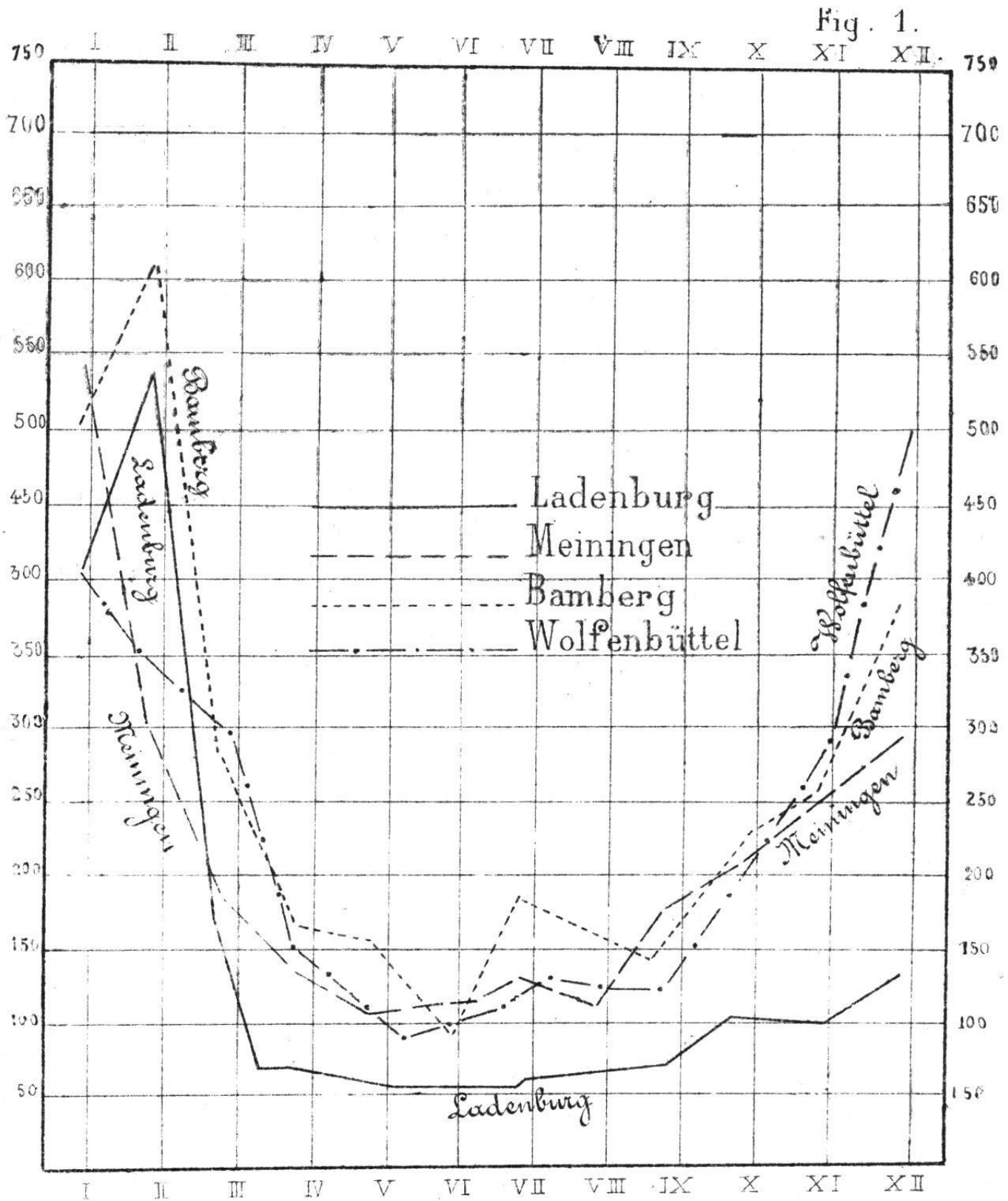
Wert, und zwar in den beiden ersten Monaten erheblich, überschreitet, in allen andern Monaten hinter demselben zurückbleibt. Die anormal hohen Werte des Potentialgefälles im Februar und März sind verursacht durch die gerade in diesen Monaten in Ladenburg auftretenden starken Nebel, und es scheint nicht unwahrscheinlich, dass sich auch die anderwärts beobachtete positive Abweichung im September und Oktober durch die Nebelbildung erklärt.

Ebensowenig wie man die Exnersche Hypothese noch aufrecht erhalten kann, dass das Potentialgefälle der Lufterktricität lediglich eine Funktion des Dampfdruckes oder richtiger gesagt des Wasserdampfgehaltes der Luft ist, ebensowenig wird man behaupten können, dass die Höhe desselben ausschliesslich durch die Temperatur bestimmt ist. Wenn für irgend einen meteorologischen Faktor, so gilt sicherlich für die Lufterktricität das Wort Abercrombys, dass wir es bei jedem meteorologischen Problem zu thun haben mit der Wirkung von Ursachen, die in sehr verwickelter Weise auf einander ein- und einander entgegengewirken. Dies zugegeben wird man sich sagen müssen, dass wohl lokale Ursachen, wie Wind, Nebelbildung, Reif das Potentialgefälle beeinflussen können, dass aber im allgemeinen der jährliche Gang desselben bedingt wird durch den Gang der Temperatur.

Etwas anders liegt der Fall mit der täglichen Variation des Potentialgefälles. Ich habe diese für verschiedene Orte und für verschiedene Monate in den Fig. 5, 6, 7, 8 dargestellt. Man sieht, ein direkter zeitlicher Zusammenhang zwischen Temperatur und Potentialgefälle existiert nicht, das letztere hinkt mit seinen Aenderungen ein paar Stunden hinter denen der Temperatur drein. Es erreicht seinen höchsten Stand in den Vormittagsstunden zwischen 7 und 9 Uhr, sinkt dann langsam, steigt oft gegen Mit-

tag noch einmal an, ohne aber den hohen Vormittagswert noch einmal zu erreichen, sinkt dann bis gegen 4 Uhr, um später noch einmal anzusteigen.

Dass die Tagesmittel des Potentialgefälles eine deutliche Abhängigkeit von der Temperatur zeigen, dass andererseits die Kurve der täglichen Variation des Potentialgefälles um ein paar Stunden sich gegen die der Temperatur verschiebt, scheint mir darauf hinzudeuten, dass auch die Temperatur nicht direkt, sondern die durch Aenderung derselben hervorgerufenen Luftströmungen das Potentialgefälle beeinflussen. Alle neueren Beobachtungen führen zu dem Resultat, dass in der Atmosphäre in einer Höhe von zirka 3000 m positiv elektrische Massen vorhanden sind. Welcher Art diese Massen sind, ist für unsere Beobachtungen gleichgültig. Nach Sohncke sind es die Eisteilchen der Cirren, welche durch die Reibung an den aufsteigenden Wassertröpfchen der andern Wolken positiv elektrisiert werden, man kann sich indessen auch Staubteilchen oder Wasserbläschen als Träger der Elektrizität vorstellen oder in irgend einer andern Weise den obern Luftschichten eine positive Ladung zuschreiben, in jedem Fall muss die Hebung oder Senkung dieser Massen eine Abnahme oder Zunahme des Potentialgefälles verursachen. Aus Fig. 5 ersehen wir, dass in St. Gilgen am Wolfgangsee vormittags und abends zwei rasch ablaufende Maxima auftreten. Wir können uns von ihrer Entstehung leicht eine Vorstellung machen. Sobald die Sonnenstrahlen auf die Thalwände fallen, werden diese rasch sich erwärmen, und die Luft wird längs desselben in die Höhe steigen, während sich kalte, positive Elektrizität mit sich führende, Luftmassen auf den See herabsenken. Bei der Enge des Thales, in dem der Wolfgangsee liegt, wird aber bald ein Temperaturausgleich stattgefunden haben, und es wird die gesammte



JÄHRLICHE VARIATION DES POTENTIALGEFÄLLES.

TÄGLICHER VERLAUF DES POTENTIALGEFÄLLES IM APRIL

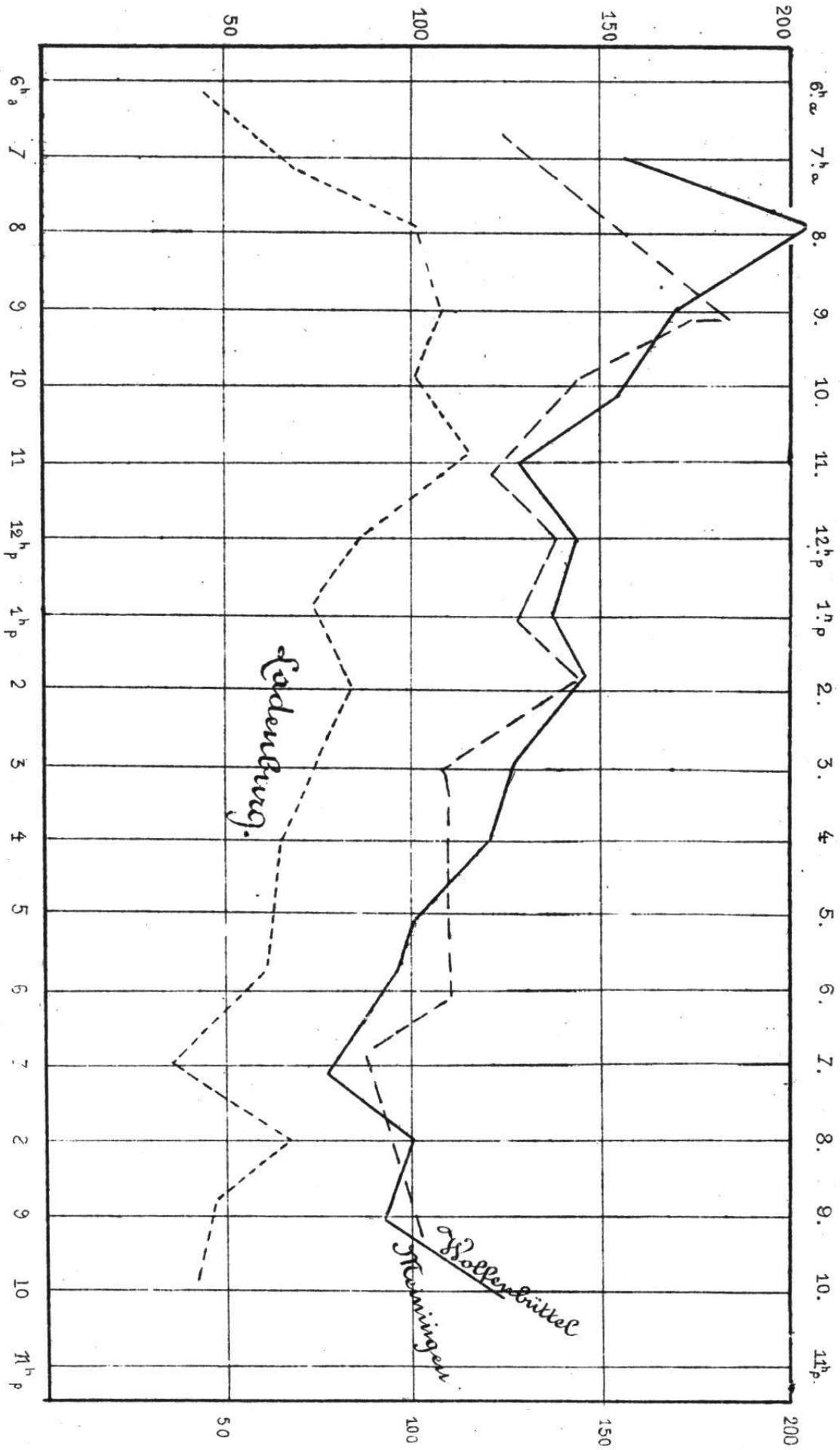
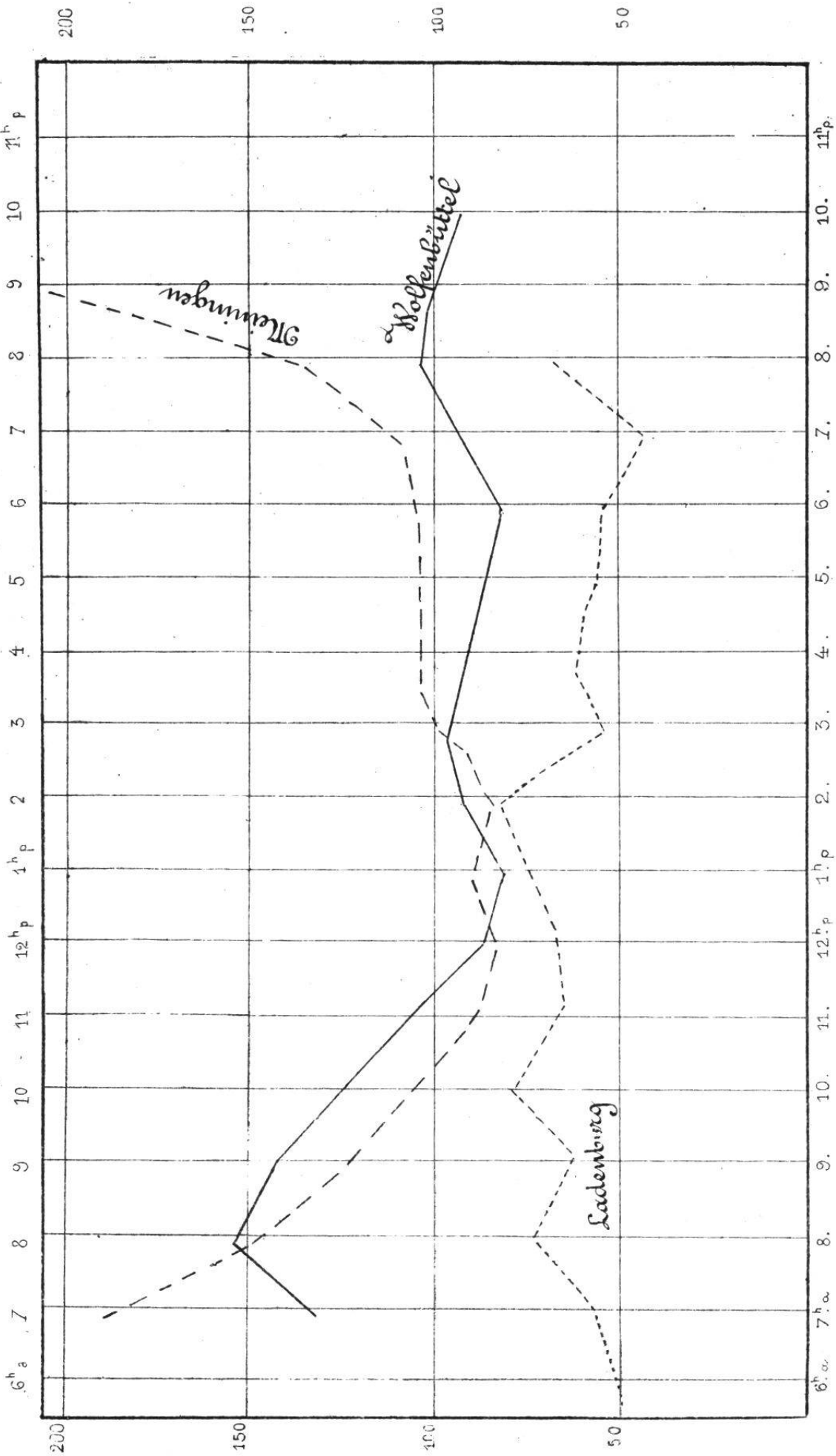


Fig. 2.

Fig. 3.



TÄGLICHER VERLAUF DES POTENTIALGEFÄLLES IM JUNI

TÄGLICHER VERLAUF DES POTENTIALGEFÄLLES
IM SEPTEMBER

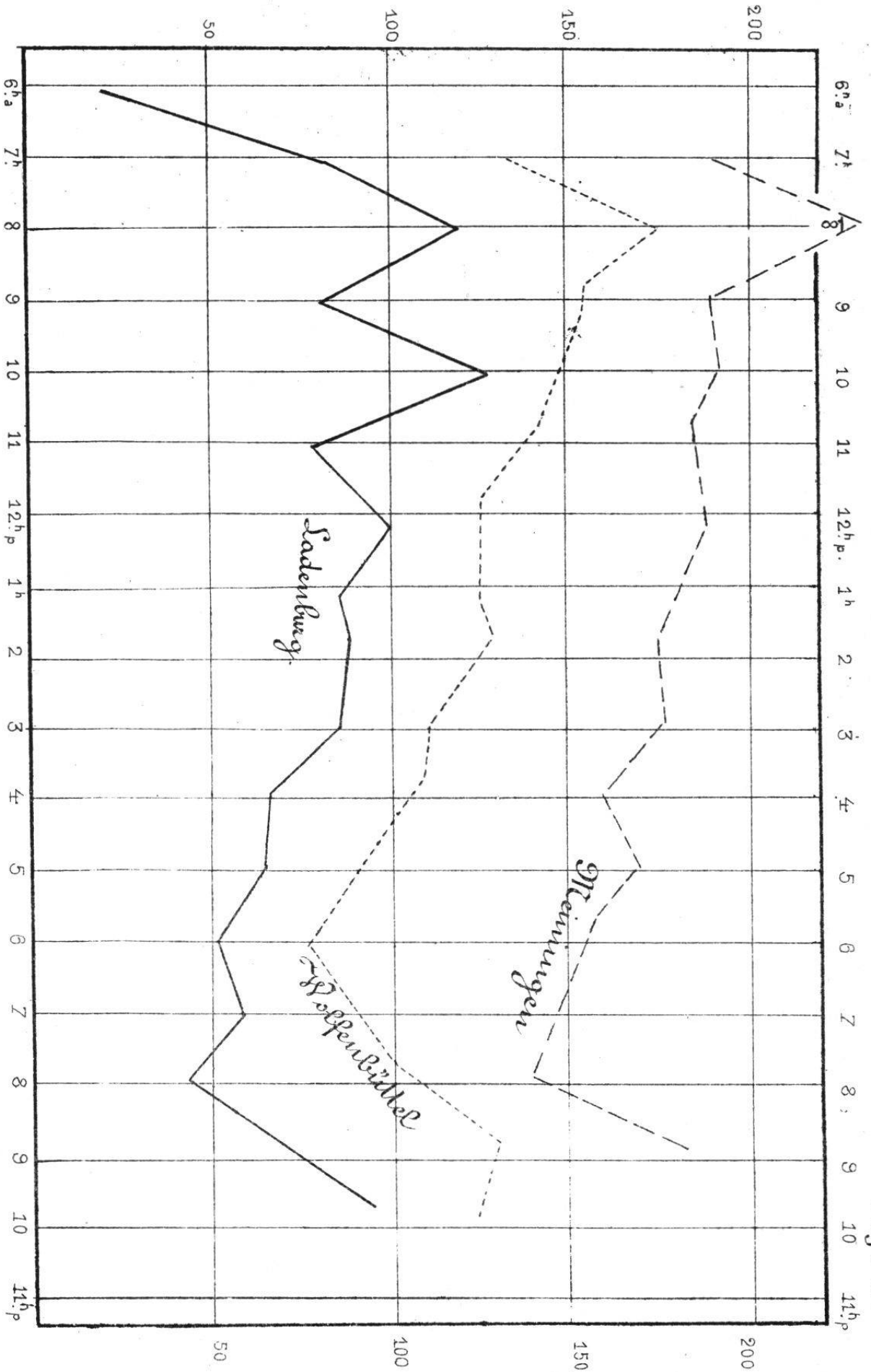
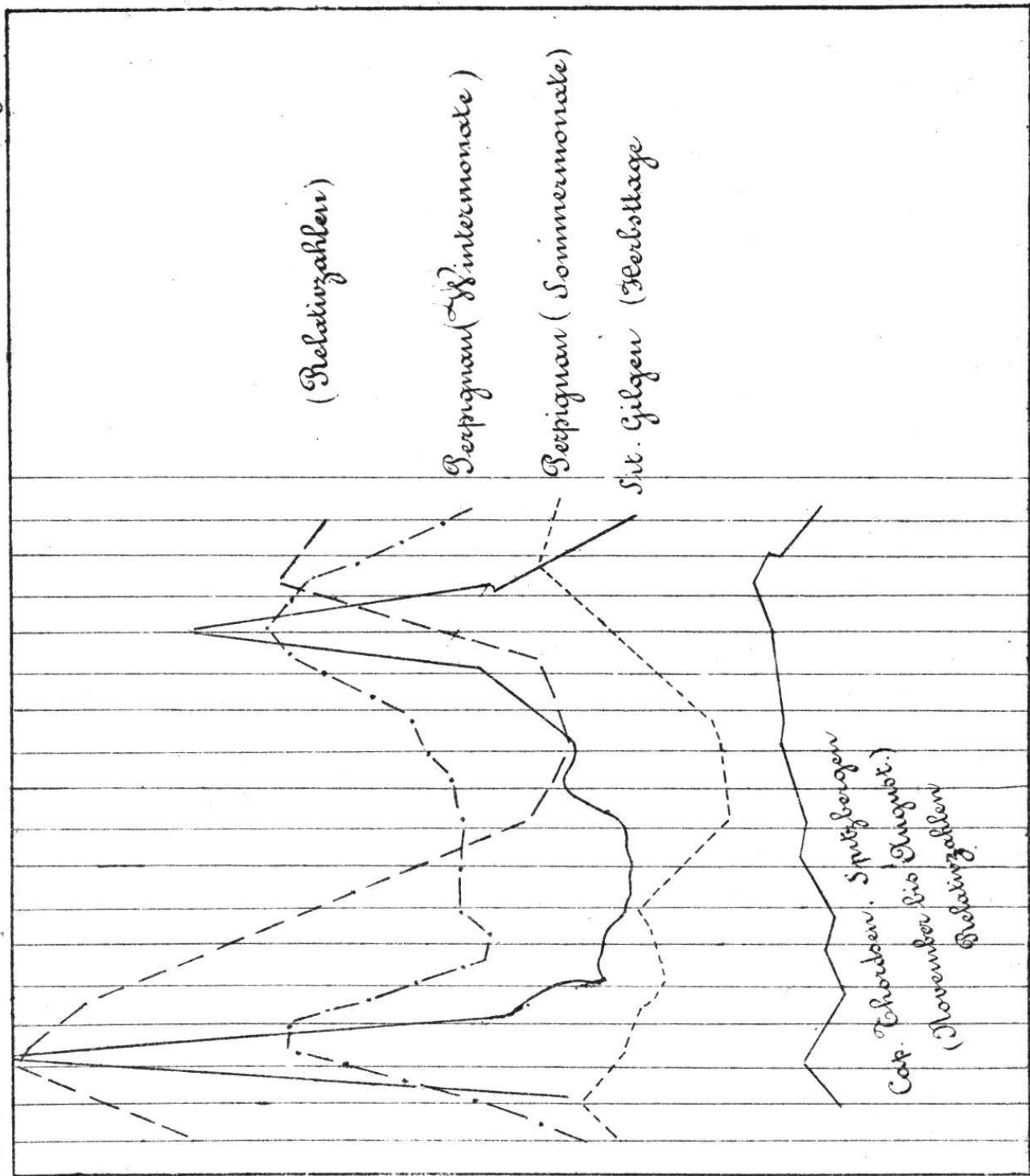


Fig. 4.

Fig. 5.

7 8 9 10 11 12^h 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12



7 8 9 10 11 12^h 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

TÄGLICHER VERLAUF DES POTENTIALGEFÄLLES IM

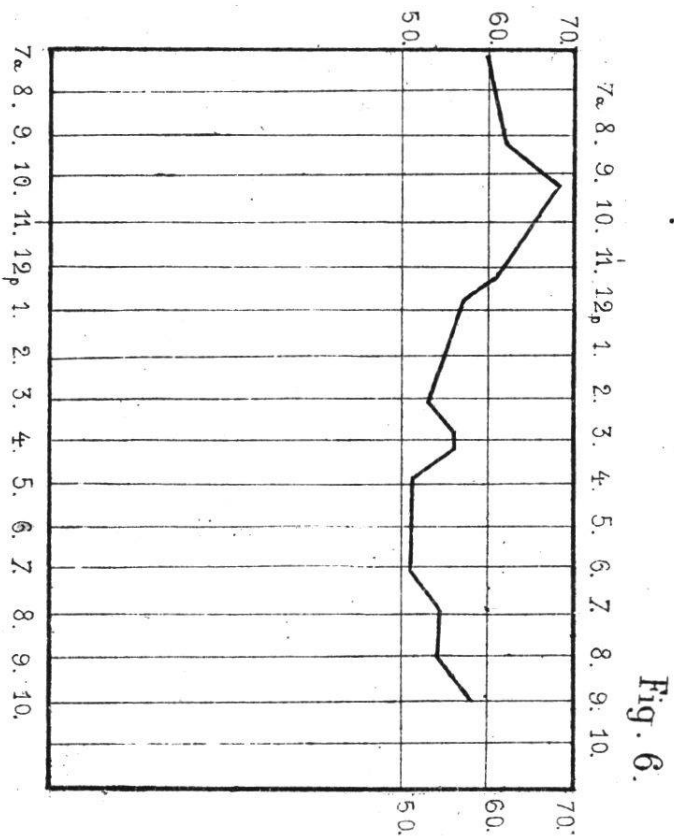


Fig. 6.

TÄGLICHE VARIATION AUF DEM
MOUNT LAVINIA (CEYLON) IM JANUAR U. FEBRUAR

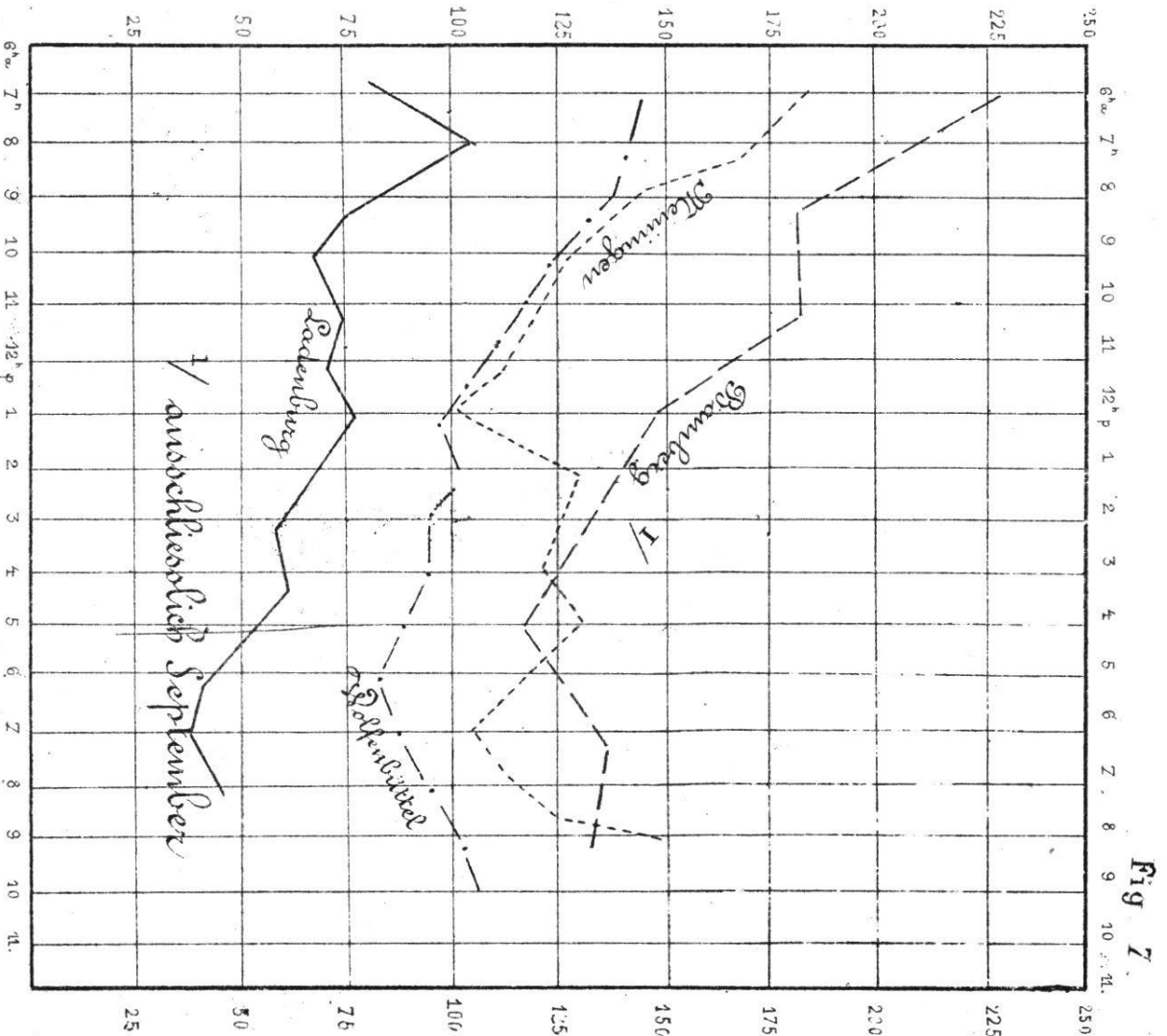
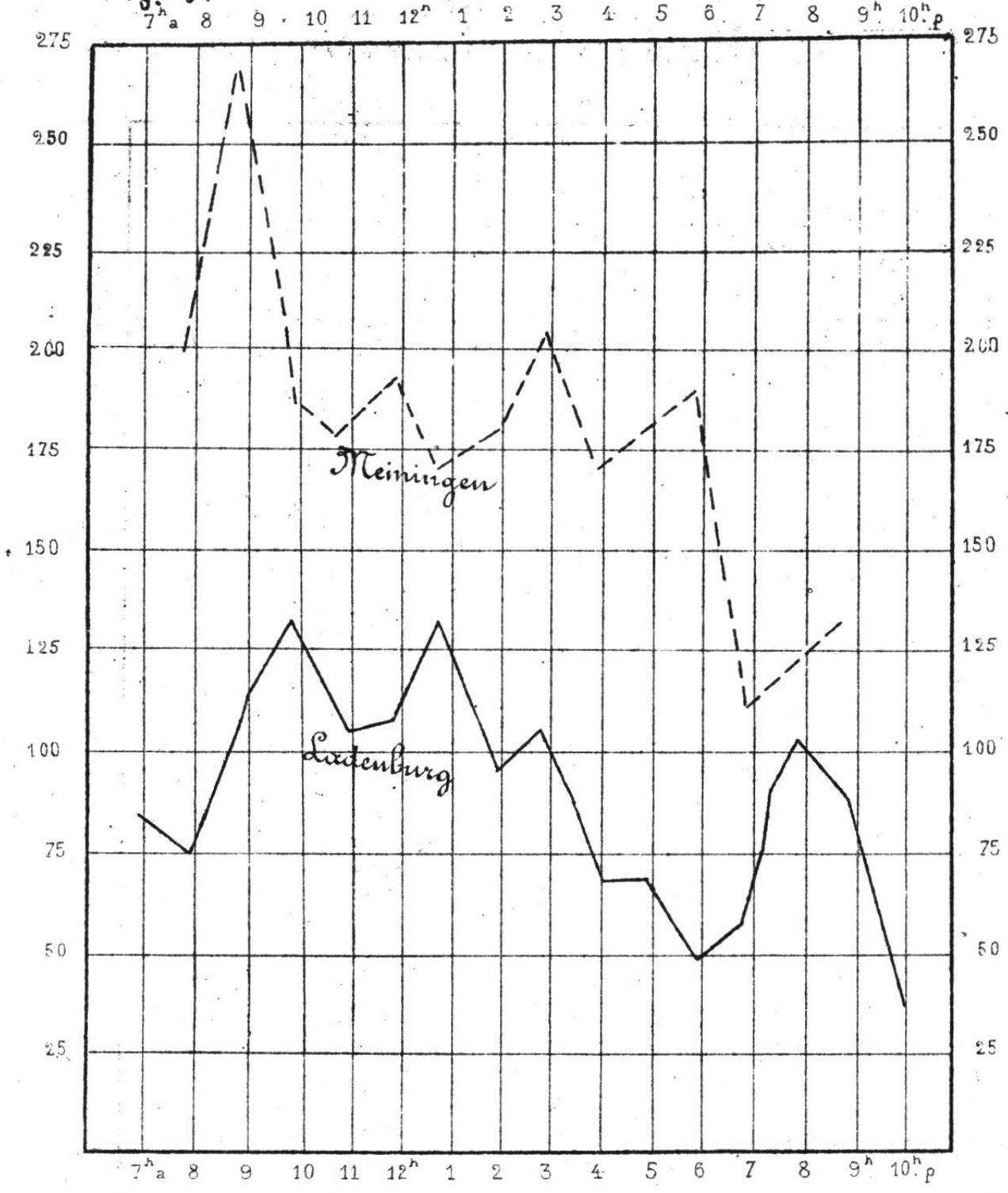


Fig. 7.

TÄGLICHE VARIATION DES POTENTIALGEFALLES IN
DEN MONATEN MAI BIS EINSCHLISSLICH SEPTEMBER

1/ anschließend September

Fig. 8.



TÄGLICHER VERLAUF DES POTENTIALGEFÄLLES
IM MÄRZ

Bewegung in eine aufsteigende übergehen. Nach Sonnenuntergang wird umgekehrt ein Aufsteigen der Luft über dem See und ein Herabgleiten kalter Luft längs der sich rasch abkühlenden Thalwände eintreten. Auch hier muss das Herabsinken positiv elektrischer Massen so lange andauern, bis die Luft im ganzen Thalkessel sich wieder gleichmässig erwärmt hat. Natürlich erreicht man dasselbe, wenn man statt positiv geladener Theilchen im niedersinkenden, mit Trabert negativ geladene im aufsteigenden Luftstrom annimmt. Indessen ist die positive Elektrisierung des Eises durch Reibung an Wasser enthaltender Luft experimentell nachgewiesen, während ein Beweis für die von Trabert angenommene negative Elektrisierung der Luft durch Kontakt mit der Erde noch nicht geführt ist. Immerhin schliesst die Annahme der einen Erklärungsart die andere nicht aus.

Ich will diese Hypothesen hier nicht weiter ausführen, Als Resultat meiner Untersuchungen darf ich wohl hinstellen, dass durch meine Messungen in Verbindung mit denen meiner Vorgänger auf diesem Gebiet die Unhaltbarkeit der Exner'schen Theorie nachgewiesen ist. Ein *u r s ä c h l i c h e r* Zusammenhang zwischen dem Potentialgefälle der Lufterlektricität und dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft existiert nicht, diese beiden Faktoren sind nur mit einander verknüpft durch das Zwischenglied der Temperatur, nur weil der Feuchtigkeitsgehalt der Luft selbst eine Funktion der Temperatur ist, kann auch ein *z e i t l i c h e r* Zusammenhang zwischen Potentialgefälle und Lufterlektricität existieren. Aber auch die Temperatur beeinflusst nur indirekt das Potentialgefälle, indem mit ihren Veränderungen auch die elektrisierten Massen in der Luft, sei es bezüglich ihrer Lage, sei es bezüglich ihrer Ladung, Aenderungen eingehen; welcher Art diese letzteren aber sind, ist noch unbekannt.

