

# Messungen des normalen Potentialgefälles der atmosphärischen Elektricität in absolutem Maasse

von

Julius Elster und Hans Geitel in Wolfenbüttel.

(Mit 2 Textfiguren.)

## §. 1.

Das Potentialgefälle der atmosphärischen Elektricität bei heiterem Himmel ist bekanntlich im Laufe sowohl des Tages, wie des Jahres beträchtlichen Schwankungen ausgesetzt. Es kann mit einiger Wahrscheinlichkeit vermutet werden, dass in diesen Veränderungen gewisse Einflüsse zur Erscheinung kommen, die sich auch in dem Gange anderer meteorologischer Elemente wieder spiegeln werden. Versuche, einen solchen Zusammenhang zu begründen, sind in neuerer Zeit mehrfach gemacht worden, wir beschränken uns hier auf die Theorien von Sohncke,<sup>1</sup> der die Höhe der Isothermenfläche von 0° C. über dem Erdboden, von F. Exner,<sup>2</sup> der die absolute Feuchtigkeit der Luft, und Arrhenius,<sup>3</sup> der die actinische Einwirkung des Sonnenlichtes als bestimmd für das an dem Erdboden beobachtete Potentialgefälle hinstellt. Gesetzt, es liesse sich eine Abhängigkeit des letzteren von irgend einem anderen meteorologischen Elemente wirklich nachweisen, so würden die starken Schwankungen des elektrischen Zustandes der Atmosphäre einen Index von vorzüg-

<sup>1</sup> Sohncke, Der Ursprung der Gewitterelektricität und der gewöhnlichen Elektricität der Atmosphäre. Jena, Verl. von Gustav Fischer 1885.

<sup>2</sup> Diese Berichte, Bd. 93, S. 222, 1886.

<sup>3</sup> Arrhenius, Meteorolog. Zeitschrift, August 1888, S. 297, und September 1888, S. 348.

licher Empfindlichkeit für die Änderungen desselben abgeben. Bei genügend reichem Material an Beobachtungen der atmosphärischen Elektricität würde ein Versuch, die Höhe des elektrischen Potentialgefälles als von anderen Zuständen der Luft abhängig darzustellen, gewisse Aussicht auf Erfolg bieten.

Leider ist von derartigen, in absolutem oder allgemein vergleichbarem Maasse ausgeführten Messungen noch wenig vorhanden und von dem Ideale, an den grösseren meteorologischen Stationen selbstthätig arbeitende Registrirapparate für die Luftelektricität in Wirksamkeit zu sehen, sind wir noch weit entfernt. Jedenfalls ist die wissenschaftliche Discussion vorderhand noch auf Einzelbeobachtungen angewiesen.

Dieser Umstand hat uns bewogen, unsere in den letzten anderthalb Jahren gewonnenen, auf absolutes Maass bezogenen Messungen des an klaren Tagen herrschenden Potentialgefälles in tabellarischer Zusammenstellung im Folgenden zu veröffentlichen. Zugleich gedenken wir eine Verwerthung des Materials nach verschiedenen Gesichtspunkten anzuschliessen.

Als wir unsere Beobachtungen begannen, war es uns nur um Sammlung von Thatsachen zur Prüfung der von F. Exner aufgestellten Theorie der atmosphärischen Elektricität zu thun.

Im Laufe unserer Arbeit drängte sich uns die Erscheinung der täglichen Variation der Luftelektricität so auffällig auf, dass wir auch diese, soweit unsere Zeit es gestattete, in den Kreis unserer Beobachtungen mit einzubezogen.

Wir erkennen nicht die Lückenhaftigkeit unserer Ergebnisse, die gewisse Schlüsse noch mit einem Zweifel behaftet erscheinen lässt. Hoffentlich wird die Erleichterung, die den elektrischen Beobachtungen im Freien durch die von F. Exner angegebene Form<sup>1</sup> des Handelektroskopes zu Theil geworden ist, eine regere Beteiligung an diesem Zweige meteorologischer Untersuchungen zur Folge haben.

## §. 2.

Zur Beobachtung der atmosphärischen Elektricität dienten bei Messungen im Freien durchweg die oben erwähnten, von

---

<sup>1</sup> F. Exner. Diese Berichte, Bd. XCV, II. Abth., Mai-Heft, Jahrg. 1887, S. 1084.

F. Exner construirten transportablen Apparate, die im Verlaufe der anderthalb Jahre in jeder Beziehung zu unserer Zufriedenheit functionirt haben. Es möge bemerkt werden, dass die Lage unserer Wohnung eine für derartige Messungen günstige ist. Dieselbe befindet sich nämlich ziemlich isolirt gelegen im Norden Wolfenbüttels am Rande einer Wiese, welche sich von Wolfenbüttel circa 4 km nach Norden hin erstreckt. Als Standort für die Beobachtungen des Potentialgefälles auf freier Ebene erwählten wir einen Platz, der circa 200 m vom Südrande der Wiese entfernt liegt und der von unserer Wohnung in wenigen Minuten erreichbar ist.

In einer, in Exner's Repertorium der Physik<sup>1</sup> erschienenen Publication haben wir bereits darauf aufmerksam gemacht, dass mit den transportablen Apparaten an kalten Wintertagen in unserer Gegend ein Messen im Freien unmöglich war, da das Elektroskop gegenüber den zu dieser Zeit herrschenden hohen Werthen des Potentialgefälles viel zu empfindlich ist. An solchen Tagen wird man gezwungen, die Flamme so niedrig über dem Erdboden anzubringen, dass die Schwierigkeit einer genauen Höhenbestimmung der Flamme bei der Reduction des Potentialgefälles auf 1 m Höhe eine ganz beträchtliche Unsicherheit verursacht. Wir haben bereits im Winter 1887/88 diese Fehlerquelle dadurch vermieden, dass wir die Messung auf der Wiese durch eine solche in dem vor dem Hause gelegenen Garten ersetzen, indem wir durch Beobachtungen an Tagen mit geringerem Potentialgefälle den Factor bestimmten, mit welchem die Werthe gemessen im Garten zu multipliciren waren, um sie auf Werthe im freien Felde zu reduciren. Wir gedenken auf diese Bestimmungen des Reductionsfactors noch zurückzukommen.

Da wir uns so entschliessen mussten, den Ort unserer Beobachtungen vom freien Felde weg zu verlegen, gingen wir nun auch so weit, dass wir einem der Elektroskope einen gegen die Witterungseinflüsse geschützten Platz im Hause selbst anwiesen. Durch diese Abänderung wurden die Beobachtungen bedeutend erleichtert, so dass wir selbst stündliche Ablesungen in Angriff nehmen konnten. Das Elektroskop stand in unserem

---

<sup>1</sup> J. Elster u. H. Geitel, Rep. d. Phys., Bd. 24, S. 486, 1888.

im Erdgeschosse gelegenen Laboratorium, aus welchem durch eine durchbrochene Blechscheibe im Fenster ein in einem 15 cm weiten Eisenrohre axial ausgespannter Draht nach einem in der Mitte des Gartens aufgestellten, verstellbaren Petroleumlämpchen führte, das von einem *Mascart'schen* isolirenden Stativen getragen wurde. Letzteres war von einem Blechcylinder von 37 cm Weite umgeben, den wir, solange nicht beobachtet wurde, vermittelst eines cylindrischen Aufsatzes geschlossen hielten.

Das Standelektroskop war nach dem *Exner'schen* Princip construirt und von uns vermittelst einer Batterie von 200 Platin-zinkwasserelementen calibrirt. Die 200 Elemente repräsentiren nach *Exner* eine elektromotorische Kraft von 212 Volt und verursachten an dem Elektroskop eine Divergenz von 22·1 Scalentheilen, während Ausschläge bis zu 40 Scalentheilen abzulesen waren. Selbstverständlich musste für diese neue Anordnung des Apparates der Reductionsfactor neu bestimmt werden.

Bei der Calibrirung des Elektroskopes zeigte sich, dass die Zunahme der Divergenz, wenn die Ladung der Blättchen von 25 zu 25 Volts fortschritt, nahezu linear verlief. Wir haben kein Bedenken getragen, nach diesem sich so ergebenden Gesetze der Zunahme der Divergenz auch Spannungen zu berechnen, die Divergenzen bis zu 35 Scalentheilen verursachten. Eine Rechtfertigung dieses Verfahrens liegt in folgendem Umstände. Beobachteten wir an Tagen mit so hoher Spannung, dass der Ausschlag des Standelektroskopes zwischen 22·1 und 35·0 Scalentheilen lag, und nahmen wir mittelst der *Exner'schen* transportablen Apparate eine Messung im Garten vor (allerdings in so geringer Höhe, dass das Instrument noch ausreichte), so mussten bei Reduction auf 1 m Höhen freien Standortes die Ablesungen nahezu gleiche Werthe ergeben. Wir überzeugten uns mehrfach davon, dass dies innerhalb der erreichbaren Grenzen der Fall war.

Um schliesslich auch Werthe zu messen, welche 2000 Volt nahekommen, wurde die Flamme so tief gestellt, dass sie nur eben aus dem umgebenden, zur Erde abgeleiteten Metallgehäuse emporragte.

Einige vergleichende Versuchsreihen zeigten, dass alsdann die so gemessenen Volt mit 1·5 zu multipliciren waren, um ein mit den üblichen Ablesungen vergleichbares Resultat zu liefern.

Derartige Controlbeobachtungen waren natürlich nur möglich an solchen Tagen, wo die Divergenz des Elektroskopes eine zwar sehr grosse war, sich aber aus dem auscalibrirten Theile der Elektroskopscalae noch nicht entfernte.

Wir haben somit unsere Beobachtungen unter vier verschiedenen Bedingungen ausgeführt, nämlich:

*A. Mittelst des Exner'schen Elektroskopes:*

1. auf freier Wiese,
2. im Garten.

*B. Mittelst des Standelektroskopes im Laboratorium:*

1. bei aus dem Metallmantel hervorragender Flamme,
2. bei zurückgezogener Flamme.

Die zur Reduction der Beobachtungen auf freiem Standorte und 1 m Höhe nöthigen Factoren wurden durch gesonderte Beobachtungen bestimmt. Es kann nicht in Abrede gestellt werden, dass die Verwendung der Reductionsfactoren eine gewisse Unsicherheit in die Resultate hineinträgt. Wir bemerkten nämlich bald, dass dieselben an verschiedenen normalen Tagen keineswegs genau gleich ausfielen, so dass also erst der Mittelwerth aus einer grösseren Reihe von Beobachtungen an verschiedenen Tagen einiges Zutrauen verdient.

Im Allgemeinen zeigte sich nämlich, dass der Reductions-factor zwischen Wiese—Garten um so höher wurde, je grösser die elektrische Spannung der Luft war. Eine Erklärung dieser Erscheinung dürfte durch die folgende Überlegung gegeben sein.

Man ist bei hohen Potentialwerthen gezwungen, die Flamme sehr niedrig über dem Erdboden anzubringen. Nun ist aber der Punkt, in welchem sich die Flamme in einzelne leitende Partikelchen auflöst, d. i. derjenige, dessen Potentialdifferenz gegen die Erde man beobachtet, gar nicht sicher bestimmbar. Liegt derselbe z. B. nur wenige Centimeter über der sichtbaren Flammenspitze und rechnet man die Höhe der Flamme über dem Erdboden nur bis zu dieser, so führt man eine zu geringe Höhe in die Rechnung ein und erhält demgemäß auch einen zu grossen Reductionsfactor.

Diese Thatsache hatten wir bei der Publication unserer Beobachtungen über atmosphärische Elektricität in Exner's Repertorium nicht berücksichtigt. Es stellte sich nachträglich heraus, dass wir in Folge dessen den Reductionsfactor höchst

wahrscheinlich zu gross angenommen hatten. Dieser Umstand hat uns bewogen, die dort schon publicirten Messungen nochmals unter Zugrundelegung eines verlässlicheren Werthes für den Reductionsfactor umzurechnen und den hier veröffentlichten einzuverleiben.

In der folgenden Tabelle haben wir die von uns vorgenommenen Bestimmungen der Reductionsfactoren für Wiese—Garten zusammengestellt.

**Tabelle I.**

Reductionsfactoren für Wiese—Garten, 1888.

Nr.	Tag	Stunde	Factor	Bemerkungen
	.			Witterung:
1	27./4.	11 a	2·13	Fast normal.
2	30./5.	9 a	1·66	Ganz normal.
3	12./8.	9 a	1·78	Fast normal.
4	20./9.	6 p	1·93	
	21./9.	10 $\frac{3}{4}$ a	1·79	Ganz normal.
6	21./9.	5 $\frac{1}{2}$ p	1·85	
7	22./9.	10 $\frac{1}{2}$ a	1·97	Fast normal.
8	22./9.	2 p	1·67	
9	22./9.	5 $\frac{1}{2}$ p	1·72	Ganz normal.
10	23./9.	11 a	1·76	Fast normal.
11	27./9.	11 a	1·58	
12	27./9.	4 $\frac{1}{2}$ p	1·69	Ganz normal.
13	25./10.	11 a	1·63	
14	26./10.	11 a	1·75	Heiter, Cirrus.
Mittelwerth . . . . .			1·78	

Man sieht, dass die einzelnen Factoren innerhalb recht beträchtlicher Amplituden schwanken. Den Mittelwerth 1·78 haben wir allen nachfolgenden Berechnungen zu Grunde gelegt.

Wir bestimmten nun durch gleichzeitige Beobachtung den Reductionsfactor für: Messung im Garten — Messung im Laboratorium (*A*, 2 — *B*, 1, vergl. S. 913) und fanden hier Werthe, die zwischen 3·1 und 3·5 lagen. Die letzteren ergaben sich, wenn wir gezwungen waren, selbst im Garten in sehr niedriger Höhe zu messen; die ersten, wenn sich die Flamme in circa 1 m Höhe über dem Erdboden befand. Wir hielten uns aus den oben entwickelten Gründen für berechtigt, mit dem ersten Werthe, also 3·1, die Reduction der Beobachtungen vorzunehmen.

Neben den elektrischen Messungen führten wir noch Beobachtungen der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit aus. Nachdem wir uns überzeugt hatten, dass unsere Resultate eine befriedigende Übereinstimmung mit denen der meteorologischen Station II. Ordnung in Braunschweig zeigten, zogen wir es vor, die dort beobachteten, jedenfalls verlässlichen Werthe für unsere Tabellen zu verwenden.

Das Material stellte uns der Vorstand der Station, Herr Klages, bereitwilligst zur Verfügung, wofür wir ihm auch an dieser Stelle unseren Dank sagen.

Schliesslich möchten wir noch auf eine bisweilen eintretende Täuschung hinsichtlich des Zeichens der elektrischen Spannung hinweisen. Man bestimmt dasselbe bekanntlich nach Exner's Vorschrift dadurch, dass ein kleines Ebonitstück gerieben und dem Elektroskope genähert wird. Nun haben wir aber bemerkt, dass dieses Ebonitstück, namentlich wenn es sich in feuchter Atmosphäre befindet oder befunden hat, bisweilen durch Reiben positiv elektrisch wird. Diese Fehlerquelle haben wir bei den Standbeobachtungen dadurch ganz vermieden, dass wir ein Bohnenberger'sches Elektroskop mässiger Empfindlichkeit zur Hand hatten, das jederzeit leicht und sicher das Zeichen der elektrischen Spannung zu bestimmen gestattete.

Für Beobachtungen im Freien dürfte es sich empfehlen, eine kleine Zamboni'sche Säule von 600 Plattenpaaren mitzuführen, die nicht in eine Glashülle eingeschlossen ist, sondern deren Plattenpaare auf eine dünne Seidenschnur aufgezogen sind. Derartige Säulen, mit leichter Mühe herstellbar, zeigen Jahre lang eine zu vorliegenden Zwecken ausreichende Spannung.

### §. 3.

Die ursprüngliche Aufgabe, die wir uns bei unseren Messungen gestellt hatten, war, wie erwähnt, nach dem Vorgange von F. Exner den Verlauf der Luftelektricität in ihrer Abhängigkeit von der absoluten Feuchtigkeit der Luft für unseren Wohnort festzustellen, um so einen Vergleich mit den von Exner ermittelten Werthen ausführen zu können.

Bei diesem Bestreben erkannten wir jedoch bald, dass die tägliche Variation des Potentialgefälles sich für Wolfenbüttel in ganz anderer Weise abspielt, als für Wien und St. Gilgen oder Venedig, an welchen Orten Exner bekanntlich seine Messungen anstellte. Nach den von Exner gegebenen Curven<sup>1</sup> beobachtete er in St. Gilgen täglich zwei ziemlich schnell verlaufende Maxima, welche er von der Tabelle der normalen Werthe ausschloss. Der singuläre Charakter dieser Maxima dürfte diesem Verfahren eine gewisse Berechtigung gewähren.

Ein ähnliches Vorgehen war bei unseren Beobachtungen nicht wohl angebracht. Die tägliche Variation stellte sich nämlich (bei Ausschluss der Wintermonate) als eine ganz andere heraus. Sie scheint identisch zu sein mit der, wie sie sich aus den Beobachtungen des Observatoriums zu Kew<sup>2</sup> ergeben hat. Dabei fand sich noch ein auffallender, unseres Wissens bislang nicht constatirter Unterschied im Verlaufe des Potentialgefälles in den Sommer-, Herbst- und Frühjahrsmonaten einerseits und den Wintermonaten December, Jänner, Februar anderseits. Während nämlich zu den ersten Zeiten ein ausgesprochenes Maximum zwischen 8 und 9 *a* erscheint und ein tiefes Minimum zwischen 5 und 6 *p*, schwanken in den Wintermonaten die beobachteten Werthe im Allgemeinen um einen gewissen Mittelwerth, dabei treten aber zu verschiedenen Stunden des Tages, scheinbar ohne äussere Veranlassung, hohe Maxima auf.

Die hier ausgesprochenen Behauptungen möchten wir durch einige Zahlen belegen:

<sup>1</sup> F. Exner, Diese Berichte, Bd. XCVII, Abth. II a., März-Heft, S. 297, Jahrg. 1888.

Arrhenius, Meteorol. Zeitschrift, Heft 9, S. 356, 1888.

## Tabelle II.

Stündliche Beobachtungen von 7 a bis 9 p, an fünf normalen Herbst- und Frühlingstagen.

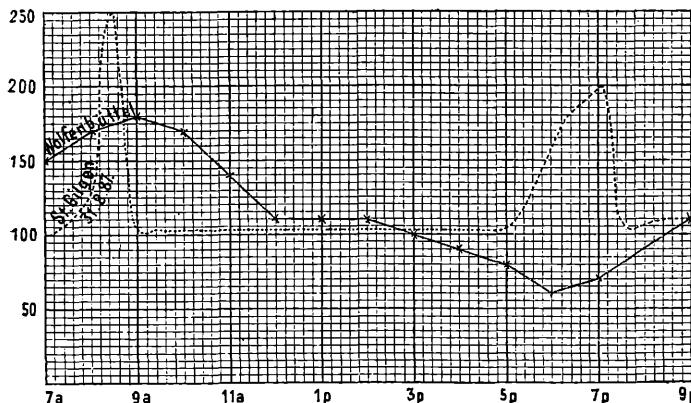
(Interpolirte Werthe sind durch \* gekennzeichnet.)

Datum	7 a	8 a	9 a	10 a	11 a.	0	1 p	2 p	3 p	4 p	5 p	6 p	7 p	9 p
24./9. 1888	180	247	113*	113*	113*	113*	105	95*	85	71	62	28	116	120*
27./9. 1888	176	157*	139	130	178	139	167	121	107	134	133*	132	103	103
28./9. 1888	28	88*	88*	135	103	39	71	116	115	114	84	50	51	77*
5./4. 1889	204	200	215	267	200	164	150	205	145	85	70	80	45	157*
6./5. 1889	148	140	336	281*	126	93	40	40	43	59	40	20	68	106*
Mittel...	147	166	178	175	144	110	107	115	99	93	78	62	77	112

In Tab. II haben wir zunächst die stündlichen Beobachtungen von  $\frac{\partial V}{\partial n} = \frac{\text{Volt}}{\text{Meter}}$  von 7 a bis 9 p an fünf normalen Herbst- und Frühlingstagen verzeichnet.

Stellt man die sich aus den Stundenmitteln ergebende Potentialcurve in ihrer Abhängigkeit von den Stunden des Tages

Fig. 1.



dar (Fig. 1), so erhält man eine Linie, welche mit der von F. Exner zu St. Gilgen beobachteten nur das gemein hat (des besseren Vergleiches wegen ist auch diese Curve in Fig. 1 punktirt verzeichnet), dass auch sie ein ausgesprochenes Maximum in der

Nähe von 9 a zeigt. Alsdann ist aber der Verlauf der beiden Curven ein total verschiedener. An Stelle des von Exner mit grosser Regelmässigkeit beobachteten Abendmaximums von ziemlich jähem Verlaufe tritt bei uns ein sehr tiefes Minimum zu fast der gleichen Zeit (6 p) auf. Um diese Zeit sinkt das Potential zuweilen auf einen geringen Bruchtheil seines Morgenwertes herab (vergl. die Messungen vom 24./9. 1888 und 6./5. 1889, Tab. II).

Ein derartiges allmäliges Absinken des Potentialgefälles haben wir an allen normalen Herbst- und Frühlingstagen beobachtet. Da stündliche Beobachtungen nicht an allen Tagen durchgeführt werden konnten, dagegen von fast allen solchen Tagen vereinzelte Messungen von Morgen, Mittag und Abend vorlagen, so haben wir in Tab. III die Werthe vom  $\frac{\partial V}{\partial n}$ , bezogen auf mittlere Beobachtungszeiten, zusammengestellt. Aus den Mittelwerthen ergibt sich ebenfalls die Richtigkeit obiger Behauptung.

Die absolute Feuchtigkeit  $p_0$ , sowie die mittlere Bewölkung finden sich ebenfalls in der Tabelle verzeichnet.

Tabelle III.

Werthe von  $\frac{\partial V}{\partial n}$  an Herbst- und Frühlingstagen, bezogen auf mittlere Beobachtungszeiten.

Nr.	Datum	Morgen 10 a		Mittag 2 p		Abend 5 p		Mittlere Bewöl- kung
		$\frac{\partial V}{\partial n}$	$p_0$	$\frac{\partial V}{\partial n}$	$p_0$	$\frac{\partial V}{\partial n}$	$p_0$	
1	19./9. 1888	242	5·9	99	6·8	90	7·3	0·0
2	21./9. 1888	242	7·3	185	7·5	137	7·6	0·0
3	22./9. 1888	244	7·7	112	9·3	100	8·7	0·3
4	23./9. 1888	185	6·8	126	8·1	77	8·9	0·3
5	24./9. 1888	247	6·9	112	9·5	116	9·5	0·7
6	28./9. 1888	115	4·6	71	6·2	55	6·3	1·3
7	24./10. 1888	143	6·3	158	6·3	96	5·1	3·0
8	5./4. 1889	267	4·1	205	4·1	75	4·9	0·3
9	5./5. 1889	137	8·4	49	7·8	43	8·2	0·3
10	6./5. 1889	231	8·1	40	7·0	40	7·7	0·3
Mittel	.....	205	6·6	116	7·3	83	7·4	—

Der Verlauf von  $\frac{\partial V}{\partial n}$  in den Wintermonaten dagegen ist ein gänzlich anderer.

Als Beispiel haben wir den kältesten Tag des Jahres gewählt und die oben genannten meteorologischen Elemente mit in die Tab. IV eingetragen.

**Tabelle IV.**

Variation von  $\frac{\partial V}{\partial n}$  an einem normalen Wintertage.

Datum: 15. Jänner 1889.

Charakteristik des Tages: Ganz normaler, fast windstiller Wintertag. Von 4 p ab am W-Horizont einige leichte Cirrostratus, sonst absolut klar bis auf eine plötzliche lichte Bewölkung um 7 p. Mittlere Bewölkung: 1·3, absolute Feuchtigkeit:

7 a	2 p	9 p
1·2	1·5	1·4

Beobachtungszeit	8 a	8½ a	9 a	9¾ a	12¼ p	1½ p	2¼ p	3½ p	4 p	5 p	6 p	7 p	8½ p	9 p	10 p
$\frac{\partial V}{\partial n}$	347	394	490	353	356	350	213	251	257	360	471	766	409	422	428
° C.	-14·4	-14·7	-14·6	-13·7	-11·1	-11·0	-10·3	-	-11·1	-12·0	-12·5	-12·4	-	-13·4	-13·6

Ähnliche Beobachtungen haben wir an allen normalen Tagen, des Winter 1888/89 durchgeführt. Die Resultate unserer Messungen sind in Tab. V verzeichnet.

Tabelle V.

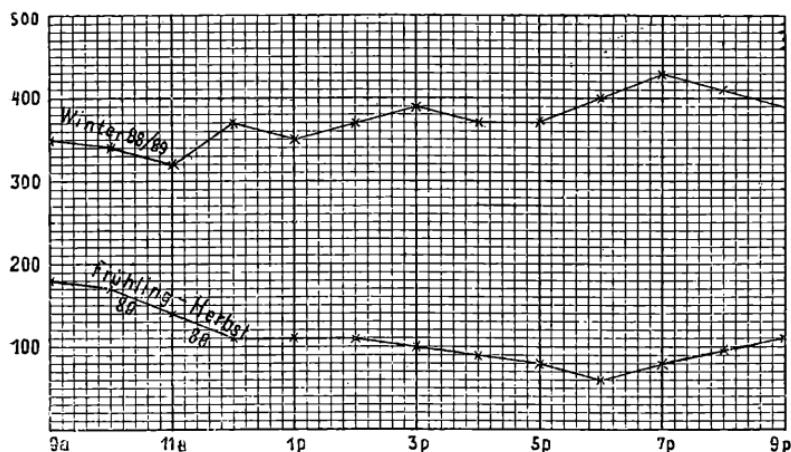
## Tabelle der stündlichen Beobachtungen in den Wintermonaten 1888/89.

(Interpolirte Werthe sind durch \* gekennzeichnet.)

Nr.	Datum	9 a	10 a	11 a	12 m	1 p	2 p	3 p	4 p	5 p	6 p	7 p	8 p	9 p	
1	8	XII	136	160*	160*	185	146	185	186	182	205	219	418	338	218*
2	13	XII	243*	287	268	206	199	230	200	194	194	217	249	265*	282
3	14	XII	545	513*	481	543	342	314*	286	266	296	252	298	261	254
4	19	XII	262*	262	262	251	240	256*	273	423	465*	508	420	370	447*
5	29	XII	263	291*	291*	319	329	397	496	508	577	570	474	406	356
6	3	I	515	282	381	291	425	366	459	394	454*	515	360	425	471
7	5	I	270	422	301	629	580	604	532	397	412	496	457*	457*	418
8	9	I	460*	360	291	462	515	485*	456	440	459	484	488*	493	657
9	14	I	239	322	325	394	301	260	298	208	186	195	298	356	344
10	15	I	490	353	354*	356	350	213	251	257	360	471	766	409	422
11	13	II	558	667	533	614	378	540	670	828	478	558	477	707	409
12	6	III	194*	194*	202	242	431*	620	530	356	344*	332	434	412	396
Mittel....			347·9	342·7	320·7	374·3	353·0	372·5	386·4	371·1	369·2	401·4	428·2	408·2	389·5

Bildet man die Stundenmittel, so erhält man die in Fig. 2 dargestellte Curve, die um 11 a ein schwaches Minimum, um 7 p ein einigermassen ausgesprochenes Maximum zeigt. Auch hier ist die Curve der Mittelwerthe der Tab. II nochmals entworfen, um den grossen Unterschied zwischen Herbst- und Winterbeobachtungen zu Tage treten zu lassen.

Fig. 2.



Ausser den in Tab. V aufgeführten Serien haben wir auch an anderen Tagen Messungsreihen gewonnen, die obgleich lückenhaft, doch noch zur Bildung eines brauchbaren Tagesmittels, sowie zur Festlegung der Zeiten der Maxima und Minima ausreichten. Dieselben sind vereinigt mit den aus Tab. V entnommenen in Tab. VI zusammengestellt.

Bei diesen Beobachtungen zeigte sich zugleich die von F. Exner aufgefundene Thatsache, nämlich die Zunahme des Potentialgefälles mit abnehmendem Dunstdruck, im Allgemeinen bestätigt. Die oben angegebenen meteorologischen Elemente der betreffenden Tage sind auch hier mit aufgeführt.

Tabelle VI.

Tagesmittel von  $\frac{\partial v}{\partial n}$  im Winter 1888/89.

Nr.	Jahr	Tag	$\frac{\partial V}{\partial n}$ (Tages- mittel)	$\frac{\partial V}{\partial n}$		Zeit des		$p_0$	$t^\circ$ C.	$n$ Anzahl der Beobach- tungen	Bewöl- kung	Bemerkungen
				Maxi- mum	Mini- mum	Maxi- mum	Mini- mum					
1	1888	23./9.	127	187	57	9 p	6 p	8·0	+ 9·8	10	0·3	Absolut wolkenloser windstiller Tag.
2	1888	24./9.	113	247	28	8½ a	6 p	7·5	+10·2	10	0·7	
3	1888	27./9.	142	178	109	11 a	3 p	6·5	+ 9·7	10	0·0	Bis 5 p normaler wolkenloser Tag.
4	1888	18./10.	231	286	104	2 p	4 p	4·8	+ 4·9	11	4·0	Von 2 p ab normaler wolkenloser Tag.
5	1888	19./10.	252	368	143	8½ a	9 p	3·8	+ 1·1	10	0·0	Bis 11 a normal, dann bis 6 p verschleiert, dann wieder normal.
6	1888	8./12.	218	418	136	7½ p	9 a	4·2	+ 2·6	10	0·3	Morgens Bodennebel, sonst normal.
7	1888	12./12.	330	553	283	5 p	10½ a	3·9	- 1·8	7	5·0	Heiteres, sehr dunstiges, windstilles Frostwetter.
8	1888	13./12.	243	333	194	10 p	4 p	3·2	- 2·6	13	4·7	Morgens ziemlich lebhafter E-Wind, sonst normal.
9	1888	14./12.	341	545	226	9½ a	10 p	2·5	- 2·7	13	0·3	Ganz normaler Tag.

10	1888	19./12.	346	524	240	10 p	1½ p	4·1	+ 1·1	11	1·7	Von 5¾ p ab ganz normal, vorher viel Dunst.
11	1888	29./12.	427	577	263	5 p	9½ a	4·6	+ 1·8	12	0·7	
12	1889	3./1.	406	515	282	6 p	10 a	2·0	- 9·2	13	0·3	
13	1889	4./1.	425	608	263	2 p	7 a	2·2	- 6·2	14	3·0	Heiteres, zur trockenen Nebelbildung neigendes Wetter.
14	1889	5./1.	452	629	270	12 m	9 a	2·4	- 6·2	12	0·7	
15	1889	6./1.	349	434	177	11 a	4½ p	2·5	- 5·7	8	0·0	
16	1889	7./1.	329	459	186	2½ p	10 a	2·8	- 4·3	6	3·3	Heiteres, zur trockenen Nebelbildung neigendes Wetter, doch öfter starke Cirri.
17	1889	9./1.	460	657	291	9 p	11½ a	3·8	- 1·4	11	0·7	Heiteres dunstiges Frostwetter.
18	1889	14./1.	293	394	208	½ p	4 p	1·9	- 9·5	8	1·7	Bis 4 p normaler Wintertag.
19	1889	15./1.	391	766	213	7 p	2½ p	1·4	- 13·3	15	1·3	Ganz normal, gegen Abend jedoch vorübergehende Bewölkung.
20	1889	17./1.	425	570	304	2 p	9½ a	2·3	- 6·8	13	2·3	Bis 4 p normal, dann viel Cirri.
21	1889	27./1.	310	446	174	2 p	5 p	4·3	- 0·5	6	3·7	Luft sehr durchsichtig; normal bis 4½ p, dann Trübung.
22	1889	3./2.	210	478	109	6 p	2 p	3·6	- 2·8	9	3·7	Morgens Schneefall; 11 a Ausheiterung, Abends Cirri.
23	1889	13./2.	581	828	378	4 p	12½ p	1·5	- 11·8	15	4·0	Morgens Rauhreif, Bodennebel, dann normal.

Nr.	Jahr	Tag	$\frac{\partial V}{\partial n}$ (Tages- mittel)	$\frac{\partial V}{\partial n}$		Zeit des		$p_0$	$t^{\circ} \text{ C.}$	$n$ Anzahl der Beobach- tungen	Bewöl- kung	B e m e r k u n g e n
				Maxi- mum	Minim- um	Maxi- mum	Minim- um					
24	1889	28./2.	237	397	93	2 p	12 m	2·8	— 4 8	6	6·3	Stark verschleierter, dunstiger Frosttag, viel Cirri und Stratus am Horizont.
25	1889	3./3.	395	645	147	12 m	$9\frac{1}{4} a$	2·1	— 7·8	10	4·0	Bis 4 p normaler, dunstiger Frosttag; von 4 p ab Cirri.
26	1889	6./3.	378	620	186	$2\frac{1}{2} p$	$7\frac{1}{2} a$	2·3	— 6 9	11	3·0	Wolkenloser dunstiger Frosttag.
27	1888	5./4.	157	267	45	10 a	7 p	4·4	+ 3·6	12	0·3	Fast ganz normal; nur im E lichter Wolkenstreif.

Man beachte bei dieser Tabelle auch, dass im Winter die Zeiten der Hauptmaxima und -Minima ganz ungemein variiren.

Aus dem bislang angeführten Beobachtungsmaterial dürfte hervorgehen, dass im Winter jede beliebige Messung, zu einer Tageszeit angestellt, welche es auch sei, mit jeder anderen des gleichen Tages gleichberechtigt ist. Es ist unzulässig, hier gewisse Tageszeiten auszuschliessen, vorausgesetzt, dass die Witterung ihren normalen Charakter beibehält.

Im Sommer zeigt die Curve des Potentialgefälles einen so stetigen Verlauf, dass bestimmte Zeiten auch hier nicht ausgeschlossen werden können.

### §. 4.

Wie es bei dem täglichen Verlaufe des elektrischen Potentialgefälles misslich erschien, irgend welche unter normalen Witterungsverhältnissen gewonnenen Beobachtungen auszuschliessen, so haben wir auch bei der Zusammenstellung jener Beobachtungen, welche sich durch einen Zeitraum von anderthalb Jahren hindurchziehen und welche angestellt wurden, um den Zusammenhang des Potentialgefälles  $\left(\frac{\partial V}{\partial n}\right)$  mit dem Dunstdrucke  $p_0$  für unsere Gegenden nach Exner's Theorie zu prüfen, jeden willkürlichen Eingriff in das gesammelte Material vermieden.

Die von Exner in seiner Theorie geforderte Bedingung, dass der Messung eine Reihe schöner Tage bereits vorangegangen sein muss, ist allerdings für unsere Gegenden höchst selten erfüllt. Wird das Verlangen gestellt, dass die Witterung dieser Bedingung genügt, so würde das Beobachtungsmaterial ausserordentlich spärlich ausfallen. Selbst an den schönsten Wintertagen treten Cirrusbildung, plötzliche lichte Bewölkungen, die dann schnell vorübergehen, ferner Dunst- und Nebelbildungen zu irgend einer Zeit fast regelmässig ein. Wir haben daher die Grenzen für die Aufnahme einer Beobachtung in die Haupttabelle etwas weiter gezogen und alle Werthe beibehalten, die bei heiterem oder wolkenlosem Himmel beobachtet wurden.

In dem oben erwähnten Zeitraume haben wir 236 Einzelmessungen ausgeführt, von denen nur neun, nämlich die Nummern: 22, 88, 89, 96, 110, 114, 115, 140 und 212 der Tabelle VIII nachträglich verworfen wurden, weil uns an den betreffenden Tagen die Witterung als keine normale erschien.

In derselben haben wir auch die mittlere Bewölkung des Tages für Braunschweig mit angegeben als ungefähres Maass für die Zuverlässigkeit der betreffenden Messungen. Es ist wohl kaum nöthig, daran zu erinnern, dass diese Bewölkungsziffer, da sie nur das Mittel aus drei Beobachtungen ist ( $7a$ ,  $2p$ ,  $9p$ ), durch Zufall eine sehr hohe sein kann, während doch in den Zwischenzeiten klarer Himmel geherrscht hat. Um Missverständnisse auszuschliessen, ist desshalb hinter jeder Messung die Witterung während der Beobachtung kurz gekennzeichnet.

Tabelle VII (Haupttabelle).

Bestimmung des Potentialgefälles an normalen Tagen vom 23. August 1887 bis zum 5. April 1889.

Nr.	Jahr	Tag	Stunde	$\frac{\partial V}{\partial n} = \frac{\text{Volt}}{\text{Meter}}$	$t^\circ \text{ C.}$	Absolute Feuchtigkeit $p_0$	Windrichtung	Mittlere Bewölkung	Witterung während der Beobachtung
1	1887	23./8.	6 $\frac{1}{2}$ p	40	14·4	8·1	SW	2·7	Fast normal.
2	1887	25./8.	4 $\frac{3}{4}$ p	80	26·6	9·4	SE	0·3	Normal.
3	1887	26./8.	5 p	76	24·6	10·1	SE	1·7	Im W schwach bewölkt, sonst klar.
4	1887	27./8.	5 p	86	27·7	12·0	S	5·0	Heiter, Horizont dunstig.
5	1887	28./8.	5 p	78	29·2	10·4	SE	2·3	
6	1887	3./9.	5 p	84	20·0	8·7	SW	1·0	Normal.
7	1887	8./9.	5 p	64	12·1	7·9	NW	8·7	
8	1887	9./9.	5 p	81	13·7	7·7	SE	6·7	Horizont bewölkt, sonst klar.
9	1887	17./9.	6 p	37	15·4	7·9	W	3·7	Normal, absolut windstill, Nebel auf den Wiesen.
10	1887	?	5 p	66	13·4	8·0	N	?	Normal.
11	1887	26./10.	3 p	222	4·2	3·9	SW	0·7	
12	1887	3./11.	4 p	189	10·8	5·8	S	4·3	Heiter, Horizont umflost, Cirri.
13	1887	5./11.	3 p	85	10·5	5·7	S	1·7	Normal.

14	1887	7./11.	2 p	212	10·3	6·1	E	3·7	Normal.
15	1887	16./11.	9 a	263	— 6·0	2·5	S	3·3	Windstill; leicht bedeckt; Schneedecke.
16	1887	17./11.	12 m	219	— 3·8	2·2	SE	0·3	Normal; Schneedecke.
17	1888	1./1.	3 p	810	— 6·5	2·3	S	4·0	
18	1888	2./1.	4 p	790	— 5·5	2·3	S	1·0	{ Normal, ganz windstill.
19	1888	13./1.	5 p	208	— 2·1	3·4	W	1·3	Ganz klar, doch Horizont umflost, Wind ziemlich lebhaft.
20	1888	30./1.	5 p	461	— 13·5	1·8	SE	1·7	Klar, doch dichter Nebel auf den Wiesen.
21	1888	31./1.	12 m	262	— 10·4	1·5	SE	0·0	Klar, fast windstill; Schneedecke.
22	1888	24./2.	6 p	307	— 5·6	1·8	NE	9·0	Halb heiter; Wolkenbänke am Horizont; Schneedecke.
23	1888	25./2.	6 p	605	— 8·5	1·9	E	0·3	Klar, dunstig; Schneedecke.
24	1888	27./4.	11 a	188	6·6	3·2	W	6·7	Fast klar; Cirruschleier.
25	1888	2./5.	6 p	83	14·6	6·0	S	3·3	Normal, vereinzelte Cirri.
26	1888	15./5.	2 p	100	13·8	4·0	S	1·7	Klar, einzelne Cirri, windstill.
27	1888	17./5.	5 p	56	25·5	8·7	SW	3·3	Cirri, Horizont dunstig.
28	1888	19./5.	8 a	182	22·6	9·2	S	4·7	Heiter.
29	1888	22./5.	?	76	13·4	4·8	NE	1·7	Normal, doch ziemlich lebhafter Wind.
30	1888	23./5.	7½ p	154	12·5	5·0	NE	2·3	Heiter, Cirri im E, fast windstill.
31	1888	24./5.	8 a	123	17·3	7·8	N	4·0	Heiter, Dunst, ziemlich lebhafter Wind; Höhenrauch.

Nr.	Jahr	Tag	Stunde	$\frac{\partial V}{\partial n} = \frac{\text{Volt}}{\text{Meter}}$	$t^\circ \text{ C.}$	Absolute Feuchtigkeit $p_0$	Windrichtung	Mittlere Bewölkung	Witterung während der Beobachtung
32	1888	28./5.	8 a	118	13·8	5·3	SE	0·7	Normal, Horizont umflost.
33	1888	30./5.	9 a	81	20·0	8·5	SE	7·0	)
34	1888	4./6.	6½ p	58	21·6	9·4	NW	5·7	Normal, Horizont dunstig.
35	1888	11./6.	6½ p	56	17·5	7·2	SE	1·3	)
36	1888	12./6.	6½ p	52	23·5	9·7	S	1·0	Normal.
37	1888	22./6.	10½ a	38	25·4	10·5	E	1·7	Heiter, doch lebhafter Wind.
38	1888	22./6.	7¾ p	39	22·7	11·0	E	1·7	Heiter, Horizont bewölkt.
39	1888	24./6.	9½ a	97	24·1	10·1	E	1·0	Heiter, lebhafter Wind.
40	1888	24./6.	10½ a	54	24·1	10·1	E	1·0	
41	1888	25./6.	8 a	115	22·1	7·8	E	1·0	Normal.
42	1888	9./8.	9½ a	88	20·1	12·6	SW	1·0	Hormal, Horizont umflost.
43	1888	10./8.	11½ a	84	27·0	13·5	SW	6·3	Heiter, am Horizont Cirri.
44	1888	11./8.	9 a	89	26·9	14·6	SW	2·7	Heiter, ziemlich lebhafter Wind.
45	1888	12./8.	9 a	90	21·5	12·4	NW	5·0	Heiter, einzelne Cirri.
46	1888	15./8.	10 a	163	14·6	7·1	NW	7·0	Heiter, Cirri.

47	1888	24./8.	10 a	150	21·1	9·8	SE	1·3	Heiter, Cirrusschleier; vereinzelte Cumuli im S.
48	1888	25./8.	11 a	108	22·1	10·1	SE	0·3	Normal, Wind ziemlich lebhaft.
49	1888	31./8.	5 p	54	15·5	8·1	SW	1·0	Heiter, windstill, im NW lichte Wolken.
50	1888	1./9.	5 p	53	15·6	8·3	E	3·7	Normal.
51	1888	2./9.	11½ a	105	17·6	7·1	N	1·3	Heiter vereinzelte Cumuli.
52	1888	7./9.	6 p	39	15·6	7·9	SW	1·7	Fast normal.
53	1888	12./9.	10 a	88	15·3	8·6	SW	4·3	Normal, doch ziemlich lebhafter Wind.
54	1888	13./9.	5½ p	91	15·6	8·6	NE	4·0	Heiter, Horizont dunstig, Cirri.
55	1888	14./9.	5 p	78	17·6	7·9	SE	1·0	Normal.
56	1888	15./9.	11½ a	173	19·3	8·4	SE	2·7	Heiter, Cirruswand im SW.
57	1888	15./9.	5½ p	153	17·8	9·3	SE	2·7	
58	1888	18./9.	2 p	157	15·2	6·8	E	1·0	
59	1888	18./9.	5 p	134	15·6	7·0	SE	1·0	Normal.
60	1888	19./9.	9½ a	242	12·9	6·3	SE	1·7	
61	1888	19./9.	2½ p	99	17·3	6·8	SE	1·7	
62	1888	19./9.	5¾ p	90	14·6	7·0	SE	1·7	Normal; leicht verschleiert.
63	1888	20./9.	9½ a	105	13·6	7·8	E	3·7	
64	1888	20./9.	6 p	114	15·3	8·1	E	3·7	Absolut klar.
65	1888	21./9.	10¾ a	242	15·0	7·4	SE	0·0	Normal.
66	1888	21./9.	2 p	185	19·5	7·5	SE	0·0	

Nr.	Jahr	Tag	Stunde	$\frac{\partial V}{\partial n} = \frac{\text{Volt}}{\text{Meter}}$	$t^\circ \text{ C.}$	Absolute Feuchtigkeit $p_0$	Windrichtung	Mittlere Be-wölkung	Witterung während der Beobachtung
67	1888	21./9.	$5\frac{1}{2} p$	137	17·8	7·6	SE	0·0	Normal.
68	1888	22./9.	$10\frac{1}{2} a$	244	16·0	7·7	SE	0·3	
69	1888	22./9.	$2 p$	112	21·0	9·3	SE	0·3	
70	1888	22./9.	$5\frac{1}{2} p$	100	19·0	8·7	SE	0·3	
71	1888	23./9.	$10\frac{3}{4} a$	185	19·1	7·4	SE	0·3	
72	1888	23./9.	$2 p$	126	22·3	8·1	SE	0·3	
73	1888	23./9.	$5 p$	77	21·1	8·5	E	0·3	
74	1888	24./9.	$8\frac{1}{2} a$	247	13·4	8·2	SE	0·7	
75	1888	24./9.	$1\frac{1}{2} p$	105	22·7	9·5	SW	0·7	
76	1888	24./9.	$7 p$	116	12·5	9·5	SW	0·7	
77	1888	24./9.	$10 p$	116	8·6	9·5	SW	0·7	
78	1888	26./9.	$11\frac{1}{4} a$	91	12·5	6·1	SE	4·0	Halb heiter, Wind ziemlich lebhaft.
79	1888	26./9.	$4\frac{1}{2} p$	73	13·5	6·2	SE	4·0	
80	1888	26./9.	$10 p$	167	4·9	5·2	SE	4·0	
81	1888	27./9.	$10\frac{1}{3} a$	125	12·4	5·6	SE	0·0	
82	1888	27./9.	$4\frac{1}{2} p$	134	15·5	6·5	SE	0·0	Normal.

83	1888	27./9.	$10\frac{1}{2}$ p	104	2·5	6·3	SE	0·0	Normal.
84	1888	28./9.	$10\frac{1}{2}$ a	119	10·6	5·5	SE	1·3	Klar, in der Ferne Nebel.
85	1888	28./9.	1 p	71	14·5	6·2	E	1·3	
86	1888	28./9.	6 p	50	7·6	6·2	E	1·3	
87	1888	28./9.	$11\frac{1}{4}$ p	103	8·5	6·3	E	1·3	
88	1888	29./9.	11 p	102	?	10·8	SW	9·0	Sternklare Nacht nach trübem Tage.
89	1888	8./10.	$8\frac{1}{2}$ a	173	3·4	5·0	W	6·7	Klar, Nebel in der Ferne.
90	1888	18./10.	$2\frac{1}{2}$ p	282	8·4	4·2	E	4·0	Klar, im S Cirri.
91	1888	18./10.	5 p	185	6·1	4·2	E	4·0	
92	1888	18./10.	10 p	261	2·1	4·1	E	4·0	Absolut klar.
93	1888	19./10.	7 a	268	— 1·5	4·0	SE	2·0	Normal.
94	1888	19./10.	9 a	340	1·4	3·8	SE	2·0	Normal, vereinzelte Cirri.
95	1888	20./10.	7 a	180	— 1·9	3·6	S	6·0	Heiter, fast normal.
96	1888	21./10.	9 a	197	2·6	4·5	NW	9·3	Heiter, windstill, verschleiert.
97	1888	24./10.	$11\frac{3}{4}$ a	143	11·7	6·3	W	3·0	Heiter, dunstig, windstill.
98	1888	24./10.	2 p	158	12·8	6·3	SW	3·0	Heiter, dunstig; Wind ziemlich lebhaft.
99	1888	24./10.	5 p	96	8·5	5·7	S	3·0	Ganz klar.
100	1888	25./18.	11 a	92	11·1	6·1	SW	0·7	Heiter, dunstig.
101	1888	25./10.	4 p	131	10·5	6·5	SW	0·7	Ganz klar, doch Wind ziemlich lebhaft.
102	1888	26./10.	$11\frac{1}{2}$ a	124	16·5	7·8	S	1·7	Halb heiter; lebhafter Wind.
103	1888	28./10.	1 p	153	19·1	9·6	W	3·3	Cirri, lebhafter Wind, heiter.

Nr.	Jahr	Tag	Stunde	$\frac{\partial V}{\partial n} = \frac{\text{Volt}}{\text{Meter}}$	$t^\circ \text{ C.}$	Absolute Feuchtigkeit $p_0$	Windrichtung	Mittlere Bewölkung	Witterung während der Beobachtung
104	1888	28./10.	$4\frac{1}{3} p$	139	17·3	9·3	SW	3·3	Heiter, Cirri im W.
105	1888	28./10.	$7\frac{1}{2} p$	144	15·6	9·6	SW	3·3	Ganz klar, doch lebhafter Wind.
106	1888	5./11.	$5 p$	164	0·5	2·9	E	3·7	
107	1888	14./11.	$9\frac{1}{2} a$	263	— 3·3	2·4	SE	3·7	Halb heiter, fast windstill.
108	1888	14./11.	$2 p$	222	0·9	2·5	SE	3·7	Heiter, Wind ziemlich lebhaft.
109	1888	14./11.	$9 p$	215	— 3·2	2·7	S	3·7	Ganz klar.
110	1888	16./11.	$8\frac{1}{2} a$	162	2·6	4·9	SW	8·3	Halb heiter, windstill.
111	1888	16./11.	$4\frac{1}{2} p$	183	7·4	5·6	SW	8·3	Heiter.
112	1888	18./11.	$9 a$	130	5·4	5·5	SW	5·7	Vollständig klar, Wind ziemlich lebhaft.
113	1888	18./11.	$12\frac{1}{4} p$	153	7·8	5·5	W	5·7	Fast vollständig klar, Wind ziemlich lebhaft.
114	1888	22./11.	$10\frac{1}{2} a$	214	5·0	5·1	SW	7·0	Heiter, verschleiert, ziemlich lebhafter Wind.
115	1888	23./11.	$8\frac{1}{2} a$	176	8·8	7·8	SW	10·0	Heiter, Horizont dunstig.
116	1888	1./12.	$12 a$	290	7·2	6·1	SW	4·3	Heiter, im S lichte Bewölkung.
117	1888	1./12.	$2\frac{3}{4} p$	290	7·6	6·2	SW	4·3	Fast ganz klar.
118	1888	1./12.	$3\frac{3}{4} p$	221	5·5	6·1	SW	4·3	Fast ganz klar und windstill.

119	1888	1./12.	4½ p	215	5·0	5·7	SW	4·3	Fast ganz klar, windstill.
120	1888	4./12.	9¾ a	231	3·7	4·7	SW	4·0	Fast klar, nur Cirri im E.
121	1888	4./12.	12 m	235	7·0	4·7	SW	4·0	Fast normal.
122	1888	4./12.	2 p	251	7·2	4·7	SW	4·0	Heiter, viel Cirri.
123	1888	4./12.	3 p	233	6·7	4·7	SW	4·0	Partielle leichte Bewölkung, windstill.
124	1888	5./12.	10 a	285	3·6	5·1	SW	6·0	Normal.
125	1888	5./12.	11½ a	311	5·5	5·1	SW	6·0	
126	1888	5./12.	½ p	260	7·2	5·4	SW	6·0	Partielle lichte Bewölkung, windstill.
127	1888	8./12.	9 a	136	3·2	4·3	SW	0·3	Normal.
128	1888	8./12.	2 p	185	4·8	4·8	SW	0·3	
129	1888	8./12.	6 p	219	3·2	4·4	SW	0·3	Normal.
130	1888	11./12.	4½ p	208	0·0	4·1	W	4·7	
131	1888	12./12.	3 p	290	— 1·0	3·9	E	5·0	Fast ganz klar, windstill, dunstig.
132	1888	13./12.	10½ p	294	— 0·9	3·3	E	4·7	Wolkenlos, starker Dunst.
133	1888	13./12.	12 m	206	0·1	3·1	SE	4·7	Wolkenlos, etwas Dunst.
134	1888	13./12.	3 p	200	0·2	3·1	SE	4·7	Wolkenlos, etwas Dunst; Cirri.
135	1888	13./12.	10 p	333	— 4·0	3·0	SE	4·7	Normal.
136	1888	13./12.	8 p	379	— 6·6	2·3	S	0·3	
137	1888	14./12.	12 m	543	— 1·8	2·3	SW	0·3	Normal.
138	1888	14./12.	3 p	286	— 0·9	2·3	SW	0·3	
139	1888	14./12.	10 p	226	— 2·6	2·8	SW	0·3	

Nr.	Jahr	Tag	Stunde	$\frac{\partial V}{\partial n} = \frac{\text{Volt}}{\text{Meter}}$	$t^\circ \text{ C.}$	Absolute Feuchtigkeit $p_0$	Windrichtung	Mittlere Bewölkung	Witterung während der Beobachtung
140	1888	18./12.	2 p	279	1·0	4·5	W	7·8	Wolkenlos, starker Dunst.
141	1888	19./12.	6 p	508	1·2	4·2	SW	1·7	Normal.
142	1888	29./12.	2 p	397	3·2	5·0	S	0·7	Wolkenlos, Cirri, windstill, Dunst.
143	1888	29./12.	9 p	356	0·6	4·4	S	0·7	Sternklar, windstill, Dunst.
144	1888	31./12.	10 p	511	— 0·4	4·0	NW	6·3	{ Fast normal.
145	1889	1./1.	8½ a	191	— 4·0	3·9	W	8·3	
146	1889	3./1.	9¼ a	515	— 10·8	1·8	E	0·3	Klar, windstill, Morgennebel.
147	1889	3./1.	2 p	366	— 5·9	2·3	E	0·3	Klar, windstill, doch dunstig.
148	1889	3./1.	8 p	425	— 9·7	2·0	E	0·3	Sternklar, doch dunstig.
149	1889	3./1.	10½ p	394	— 10·2	1·9	E	0·3	Sternklar.
150	1889	4./1.	8 a	366	— 10·2	1·9	S	3·0	{ Heiter, doch dunstig.
151	1889	4./1.	2 p	608	— 2·0	2·5	S	3·0	
152	1889	4./1.	8 p	369	— 7·0	2·3	S	3·0	Sternklar, doch Bodennebel.
153	1889	4./1.	12 p	425	— 8·0	2·3	S	3·0	Sternklar.
154	1889	5./1.	9 a	270	— 9·1	2·0	S	0·7	{ Heiter, doch dunstig.
155	1889	5./1.	2 p	604	— 1·1	3·0	S	0·7	

156	1889	5./1.	6 p	496	— 4·4	2·6	S	0·7	Wolkenlos, doch verschleiert.
157	1889	5./1.	10 p	366	— 6·2	2·3	S	0·7	
158	1889	6./1.	9½ a	319	— 7·8	2·3	S	0·0	
159	1889	6./1.	2 p	412	— 2·2	2·9	SE	0·0	
160	1889	6./1.	7 p	409	— 5·4	2·8	S	0·0	Windstill, wolkenlos, Bodennebel.
161	1889	7./1.	10 a	186	— 6·8	2·6	SW	3·3	
162	1889	7./1.	1 p	279	— 1·7	3·2	SW	3·3	
163	1889	7./1.	9 p	440	— 5·5	3·0	SW	3·3	
164	1889	9./1.	½ p	462	— 0·4	3·8	SE	0·7	Heiter, Dunst, windstill.
165	1889	9./1.	4½ p	440	— 0·8	3·8	S	0·7	Klar, windstill, Dunst.
166	1889	9./1.	10½ p	446	— 2·8	3·5	SE	0·7	Fast ganz klar und windstill.
167	1889	10./1.	10½ a	372	0·0	4·3	S	4·7	Heiter, Dunst, Cirri.
168	1889	11./1.	9 a	352	— 7·8	2·4	E	7·0	Wolkenlos, starker Dunst; bald bewölkt.
169	1889	12./1.	9½ p	239	— 1·6	3·6	SE	6·7	Ganz klar und windstill.
170	1889	13./1.	1 a	174	— 4·1	3·1	E	10·0	
171	1889	14./1.	9 a	239	— 9·3	2·1	NE	1·7	
172	1889	14./1.	½ p	394	— 7·0	2·1	E	1·7	Wolkenlos, etwas Dunst.
173	1889	14./1.	4 p	208	— 7·0	1·9	E	1·7	Klar bis auf Cirrostratus im N.
174	1889	15./1.	8 a	347	— 14·4	1·3	E	1·3	Normal, doch etwas Dunst.
175	1889	15./1.	9 a	490	— 14·6	1·3	E	1·3	

Nr.	Jahr	Tag	Stunde	$\frac{\partial V}{\partial n} = \frac{\text{Volt}}{\text{Meter}}$	$t^\circ \text{ C.}$	Absolute Feuchtigkeit $p_0$	Windrichtung	Mittlere Bewölkung	Witterung während der Beobachtung
176	1889	15./1.	$\frac{1}{4} p$	356	-11·1	1·5	E	1·3	Normal, doch etwas Dunst.
177	1889	15./1.	$2\frac{1}{4} p$	213	-10·3	1·5	E	1·3	
178	1889	15./1.	5 p	360	-12·0	1·4	E	1·3	Klar bis auf Cirri im W.
179	1889	15./1.	6 p	471	-12·5	1·4	E	1·3	Klar bis auf Cirri im SW (Schirm).
180	1889	15./1.	$9\frac{3}{4} p$	428	-13·6	1·4	E	1·3	Klar, etwas Cirri.
181	1889	17./1.	$9\frac{1}{4} a$	304	-10·1	2·0	SE	2·3	Normal, doch Dunst.
182	1889	17./1.	1 p	459	-5·4	2·5	S	2·3	
183	1889	17./1.	4 p	471	-4·6	2·5	S	2·3	Wolkenlos, aber verschleiert, windstill.
184	1889	17./1.	$11\frac{1}{4} p$	418	-8·4	2·4	W	2·3	
185	1889	23./1.	$10\frac{1}{4} a$	248	-4·4	2·7	NW	7·3	Ganz klar, bald bewölkt.
186	1889	27./1.	11 a	347	-0·2	4·3	W	3·7	Fast normal.
187	1889	27./1.	1 p	446	-0·2	4·3	W	3·7	Ganz klar, Luft sehr durchsichtig.
188	1889	27./1.	2 p	397	-0·3	4·2	W	3·7	
189	1889	3./2.	11 a	186	0·2	4·1	W	3·7	Klar, nach vorangegangenem Schneefall.
190	1889	3./2.	12 m	183	1·2	4·1	W	3·7	Normal.
191	1889	3./2.	6 p	478	-4·3	2·8	W	3·7	

192	1889	5./2.	$8\frac{1}{4} a$	552	-14·8	1·4	SW	2·3	Klar, Rauhreif, schwache Bodennebel.
193	1889	5./2.	$8\frac{3}{4} a$	605	-13·4	1·6	SW	2·3	
194	1889	5./2.	$7\frac{1}{4} p$	326	- 6·5	2·3	SW	2·3	Normal.
195	1889	7./2.	$8 p$	453	- 3·1	3·5	W	4·7	Normal (Abends).
196	1889	7./2.	$9 p$	620	4·0	3·4	W	4·7	
197	1889	12./2.	$10 p$	820	-14·8	1·3	N	8·3	Normal, doch Dunst, Reif.
198	1889	13./2.	$9\frac{1}{2} a$	558	-11·8	1·5	W	4·0	Normal, schwache Bodennebel.
199	1889	13./2.	$10\frac{3}{4} a$	533	- 9·8	1·8	W	4·0	
200	1889	13./2.	$11\frac{3}{4} a$	614	- 8·4	1·5	W	4·0	Normal, schwacher Bodennebel und Dunst.
201	1889	13./2.	$\frac{3}{4} p$	378	- 7·5	1·5	W	4·0	Normal, schwacher Bodennebel.
202	1889	13./2.	$2\frac{1}{4} p$	698	- 6·1	1·9	SW	4·0	
203	1889	13./2.	$3 p$	670	- 6·1	1·7	SW	4·0	Normal, schwacher Bodennebel; Dunst verschwunden.
204	1889	13./2.	$4 p$	828	- 6·9	1·7	SW	4·0	
205	1889	13./2.	$6 p$	558	-11·6	1·6	SW	4·0	Normal, schwacher Bodennebel; wieder dunstig.
206	1889	13./2.	$7 p$	477	-13·2	1·5	SW	4·0	
207	1889	13./2.	$8 p$	707	-15·7	1·2	S	4·0	Wolkenlos, doch verschleiert, Nebel auf der Wiese.
208	1889	21./2.	$8 a$	124	- 1·1	3·8	NW	7·0	Normal, in der Höhe N-Wind.
209	1889	21./2.	$10 a$	270	- 0·1	3·5	NW	7·0	
210	1889	28./2.	$10\frac{1}{2} a$	155	- 2·9	2·9	E	6·3	Wolkenlos; starker Dunst.

Nr.	Jahr	Tag	Stunde	$\frac{\partial V}{\partial n} = \frac{\text{Volt}}{\text{Meter}}$	$t^\circ \text{ C.}$	Absolute Feuchtigkeit $p_0$	Windrichtung	Mittlere Bevölkung	Witterung während der Beobachtung
211	1889	28./2.	9 p	363	— 7·2	2·4	NE	6·3	Sternklar.
212	1889	1./3.	10 a	385	— 6·4	2·9	E	8·7	Klar, doch dunstig.
213	1889	2./3.	9½ p	657	— 13·8	2·1	NE	3·3	Reif, Nebelbank im N, sonst klar.
214	1889	3./3.	8¼ a	490	— 15·4	1·3	NE	4·0	
215	1889	3./3.	11 a	406	— 8·4	1·7	NE	4·0	
216	1889	3./3.	1 p	564	— 5·4	2·8	NE	4·0	
217	1889	3./3.	2 p	425	— 4·6	2·7	NE	4·0	Wolkenlos, doch dunstig.
218	1889	3./3.	3 p	288	— 4·8	2·5	NE	4·0	
219	1889	4./3.	11½ a	295	— 3·5	2·9	W	7·3	
220	1889	4./3.	4½ p	601	— 2·7	3·0	W	7·3	Fast ganz klar, kein Dunst.
221	1889	4./3.	5½ p	552	— 3·1	2·9	W	7·3	Heiter, am Horizont leicht bewölkt.
222	1889	6./3.	6 p	332	— 5·1	2·5	SE	3·0	
223	1889	6./3.	7 p	434	— 7·1	2·4	SE	3·0	
224	1889	6./3.	8 p	412	— 7·4	2·3	SE	3·0	Wolkenlos, doch Dunst.
225	1889	6./3.	9 p	396	— 7·7	2·4	SE	3·0	
226	1889	6./3.	11½ p	450	— 9·2	2·0	SE	3·0	

227	1889	9./3.	3 p	124	7·9	4·3	SW	9·0	Klar, nur im SE Cirri.
228	1889	9./3.	4 p	93	6·0	4·3	SW	9·0	
229	1889	4./4.	7 a	303	0·4	4·5	S	1·7	Ganz wolkenlos, leichter Dunst, Cirri im W.
230	1889	4./4.	8 a	246	?	4·3	S	1·7	
231	1889	4./4.	9½ p	200	4·0	4·1	SE	1·7	Normal.
232	1889	5./4.	7 a	204	0·0	4·1	E	0·3	
233	1889	5./4.	10 a	267	4·8	4·1	E	0·3	Klar, doch Cirri im NE.
234	1889	5./4.	2 p	205	9·6	4·1	NE	0·3	
235	1889	5./4.	5 p	70	?	4·5	E	0·3	Lichtes Gewölke am S-Horizont, sonst klar.
236	1889	5./4.	6 p	80	?	4·5	E	0·3	

Exner<sup>1</sup> stellt bekanntlich die Abhängigkeit des Potentialgefälles  $\frac{\partial V}{\partial n}$  vom Dunstdrucke  $p_0$  dar durch die Formel:

$$\frac{\partial V}{\partial n} = \frac{A}{1+k p_0},$$

wo  $k$  eine Constante,  $A$  das Potentialgefälle per Meter bei Abwesenheit allen Wasserdampfes bedeutet. Nach Exner ist:  $k = 1 \cdot 31$ ,  $A = 1300$ .

<sup>1</sup> F. Exner, Diese Berichte, Bd. XCVI, II. Abth., Juli-Heft, S. 441, Jahrg. 1887.

Theilt man nun nach dem Vorgange von Exner die Beobachtungen der Haupttabelle in Dunstdruckgruppen ein, in der Art, dass

Gruppe I	umfasst das Intervall von	0·0 bis	1·9 mm
II		2·0	2·9
III		3·0	3·9
IV		4·0	4·9
V	"	5·0	5·9
VI		6·0	6·9
VII		7·0	8·9
VIII	"	9·0	13·0

nebst den dazugehörigen beobachteten Potentialwerthen, so erhält man die folgende Zusammenstellung.

**Tabelle VIII.**

(Tabelle der Exner'schen Dunstdruckgruppen.)

Nummer der Beob- achtung	$p_0$	$\frac{\partial V}{\partial n}$	Nummer der Beob- achtung	$p_0$	$\frac{\partial V}{\partial n}$	Nummer der Beob- achtung	$p_0$	$\frac{\partial V}{\partial n}$
<b>Gruppe I.</b>			192	1·4	552	<b>Gruppe II.</b>		
$p_0$ von 0·0 bis 1·9 mm.			193	1·6	605	$p_0$ von 2·0 bis 2·9 mm.		
			197	1·3	820			
			198	1·5	558			
20	1·8	461	199	1·8	533	15	2·5	263
21	1·5	262	200	1·5	614	16	2·2	219
23	1·9	605	201	1·5	378	17	2·3	810
146	1·8	515	202	1·9	698	18	2·3	790
149	1·9	394	203	1·7	670	106	2·9	164
150	1·9	366	204	1·7	828	107	2·4	363
173	1·9	208	205	1·6	558	108	2·5	222
174	1·3	347	206	1·5	477	109	2·7	215
175	1·3	490	207	1·2	707	136	2·3	379
176	1·5	356	214	1·3	490	137	2·3	543
177	1·5	213	215	1·7	406	138	2·3	286
178	1·4	360				139	2·8	226
179	1·4	471	Mittel: $n = 29$	1·6	496	147	2·3	366
180	1·4	428				148	2·0	425

## Potentialgefälle der atmosphärischen Elektricität.

Nummer der Beob- achtung	$p_0$	$\frac{\partial V}{\partial n}$	Nummer der Beob- achtung	$p_0$	$\frac{\partial V}{\partial n}$	Nummer der Beob- achtung	$p_0$	$\frac{\partial V}{\partial n}$
151	2·5	608	<b>Gruppe III.</b>			120	4·7	231
152	2·3	369	$p_0$ von 3·0 bis 3·9 mm.			121	4·7	235
153	2·3	425				122	4·7	251
154	2·0	270	11	3·9	222	123	4·7	233
156	2·6	496	19	3·4	208	127	4·3	136
157	2·3	366	24	3·2	188	128	4·8	185
158	2·3	319	94	3·8	340	129	4·4	219
159	2·9	412	95	3·6	180	130	4·1	208
160	2·8	409	131	3·9	290	141	4·2	508
161	2·6	186	132	3·3	294	143	4·4	356
168	2·4	352	133	3·1	206	144	4·0	511
171	2·1	239	134	3·1	200	167	4·7	372
172	2·1	394	135	3·0	333	186	4·3	347
181	2·0	304	145	3·9	191	187	4·3	446
182	2·5	459	155	3·0	604	188	4·2	397
183	2·5	471	162	3·2	279	189	4·1	186
184	2·4	418	163	3·0	440	190	4·1	183
185	2·7	248	164	3·8	462	227	4·3	124
191	2·8	478	165	3·8	440	228	4·3	93
194	2·3	326	166	3·5	446	229	4·5	303
210	2·9	155	169	3·6	239	230	4·3	246
211	2·4	363	170	3·1	174	231	4·1	200
213	2·1	657	195	3·5	453	232	4·1	204
216	2·8	564	196	3·4	620	233	4·1	267
217	2·7	425	208	3·8	124	234	4·1	205
218	2·5	288	209	3·5	270	235	4·5	70
219	2·9	295	220	3·0	601	236	4·5	80
221	2·9	552	Mittel: $n = 24$	3·4	325	Mittel: $n = 33$	4·3	241
222	2·5	332						
223	2·4	434	<b>Gruppe IV.</b>			<b>Gruppe V.</b>		
224	2·3	412	$p_0$ von 4·0 bis 4·9 mm.			$p_0$ von 5·0 bis 5·9 mm.		
225	2·4	396						
226	2·0	450						
Mittel: $n = 47$	2·4	386	26	4·0	100	12	5·8	189
			29	4·8	76	13	5·7	85
			90	4·2	282	30	5·0	154
			91	4·2	185	32	5·3	118
			92	4·1	261	80	5·2	167
			93	4·0	268	81	5·6	125

Nummer der Beob- achtung	$p_0$	$\frac{\partial V}{\partial n}$	Nummer der Beob- achtung	$p_0$	$\frac{\partial V}{\partial n}$	Nummer der Beob- achtung	$p_0$	$\frac{\partial V}{\partial n}$
84	5·5	119	<b>Gruppe VII.</b>			<b>Gruppe VIII.</b>		
99	5·7	96	$p_0$ von 7·0 bis 8·9 mm.			$p_0$ von 9·0 bis 13·0 mm.		
111	5·6	183	7	7·9	64	2	9·4	80
112	5·5	130	8	7·7	81	28	9·2	182
113	5·5	153	9	7·9	37	34	9·4	58
119	5·7	215	31	7·8	123	36	9·7	52
124	5·1	285	35	7·2	56	47	9·8	150
125	5·1	311	41	7·8	115	57	9·3	153
126	5·4	260	46	7·1	163	69	9·3	112
142	5·0	397	51	7·1	105	75	9·5	105
Mittel: $n = 16$	5·4	187	52	7·9	39	76	9·5	116
<b>Gruppe VI.</b>			55	7·9	78	77	9·5	116
$p_0$ von 6·0 bis 6·9 mm.			59	7·0	134	103	9·6	153
14	6·1	212	62	7·0	90	104	9·3	139
25	6·0	83	63	7·8	105	105	9·6	144
58	6·8	157	65	7·4	242	3	10·1	76
60	6·3	242	66	7·5	185	5	10·4	78
61	6·8	99	67	7·6	137	37	10·5	38
78	6·1	91	68	7·7	244	39	10·1	97
79	6·2	73	71	7·4	185	40	10·1	54
82	6·5	134	102	7·8	124	48	10·1	108
83	6·3	104	61	8·1	40	4	12·0	86
85	6·2	71	78	8·7	84	38	11·0	39
86	6·2	50	79	8·0	66	42	12·6	88
87	6·3	103	82	8·7	56	43	13·5	84
97	6·3	143	83	8·5	81	44	14·6	89
98	6·3	158	85	8·1	54	45	12·4	90
100	6·1	92	86	8·3	53	Mittel: $n = 25$		
101	6·5	131	53	8·6	88	10·4		
116	6·1	290	54	8·6	91			
117	6·2	290	56	8·4	173			
118	6·1	221	70	8·7	100			
Mittel: $n = 19$	6·3	144	72	8·1	126			
			73	8·5	77			
			74	8·2	247			
			Mittel: $n = 34$	7·9	110			

Stellen wir nun die Mittelwerthe zusammen, so ergibt sich

### Tabelle IX.

#### Die Mittelwerthe der Haupttabelle.

Anzahl der Beobachtungen $n$	Dunstdruck in Millimeter $p_0$	$\frac{\partial V}{\partial n}$ Beobachtet	$\frac{\partial V}{\partial n}$ Berechnet
29	1·6	496	420
47	2·4	386	314
24	3·4	325	238
33	4·3	241	196
16	5·4	187	161
19	6·3	144	140
34	7·9	110	115
25	10·4	99	89

In der vierten Column sind die nach Exner's Theorie berechneten Werthe für  $\frac{\partial V}{\partial n}$  aufgeführt. Wie man sieht, sind unsere Werthe fast durchgehends höher, als die von Exner aus seinen Beobachtungen abgeleiteten theoretischen Werthe.

In ähnlicher Weise lassen sich auch die Beobachtungen über die tägliche Variation in Dunstdruckgruppen zerfallen (vergl. Tab. VI). Man erhält so:

### Tabelle X.

#### Die Dunstdruckgruppen, gewonnen aus den Tagesmitteln.

Nr.	$p_0$	$\frac{\partial V}{\partial n}$	Nr.	$p_0$	$\frac{\partial V}{\partial n}$	Nr.	$p_0$	$\frac{\partial V}{\partial n}$
<b>Gruppe I</b> (0—1·9 mm).			<b>Gruppe II</b> (2·0—2·9 mm).			15	2·5	349
18	1·9	293	9	2·5	341	16	2·8	329
19	1·4	391	12	2·0	406	20	2·3	425
23	1·5	581	13	2·2	425	24	2·8	237
Mittel..	1·6	422	14	2·4	452	25	2·1	395
						26	2·3	378
						Mittel..	2·4	374

Nr.	$p_0$	$\frac{\partial V}{\partial n}$	Nr.	$p_0$	$\frac{\partial V}{\partial n}$	Nr.	$p_0$	$\frac{\partial V}{\partial n}$
<b>Gruppe III</b> (3·0—3·9 mm).			<b>Gruppe IV</b> (4·0—4·9 mm).			<b>Gruppe V</b> (6·0—8·0 mm).		
5	3·8	252	4	4·8	231	1	8·0	127
7	3·9	330	6	4·2	218	2	7·5	113
8	3·2	243	10	4·1	346	3	6·5	142
17	3·8	460	11	4·6	427	Mittel..	7·1	127
22	3·6	210	21	4·3	310			
Mittel..	3·7	299	27	4·4	157			
			Mittel..	4·4	281			

Hieraus folgt als Tabelle der Mittelwerthe aus den täglichen Variationen:

Tabelle XI.

Anzahl der Beobachtungstage	Anzahl der Einzelbeobachtungen	Dunstdruck in Millimeter	$\frac{\partial V}{\partial n}$ Beobachtet	$\frac{\partial V}{\partial n}$ Berechnet
3	38	1·6	422	420
10	106	2·4	374	314
5	50	3·7	299	222
6	63	4·4	281	192
3	30	7·1	127	126

Es zeigen hier die Werthe, welche aus mehr als drei Beobachtungstagen abgeleitet sind, mit den Mitteln der Haupttabelle eine ziemlich befriedigende Übereinstimmung.

Man könnte den Versuch machen, durch eine Modification der Constanten in Exner's Formel eine bessere Darstellung unserer Beobachtungen zu erreichen. Für den mittleren Dunstdruck 2·4 liegen allein 106 Einzelbeobachtungen vor. Der hieraus resultirende Mittelwerth von  $\frac{\partial V}{\partial n}$  (nämlich 374) dürfte daher wohl derjenige sein, der das meiste Zutrauen verdient. Behält man die Constante 1·31 bei, so liefert jene Beobachtung:

$$A = 1550.$$

Berechnet man dementsprechend der Verlauf von:

$$\frac{\partial V}{\partial n} = \frac{1550}{1 + 1 \cdot 31 p_0},$$

so zeigt sich, dass die Mittelwerthe der Haupttabelle für niedere Dunstdrucke besser mit den so theoretisch berechneten Werthen zusammenfallen. Man erhält nämlich:

$p_0$	$\underbrace{\frac{\partial V}{\partial n}}$	$\underbrace{\text{beobachtet}}$	$\underbrace{\text{berechnet}}$
1 · 6		496	501
2 · 4		386	374
3 · 4		325	284
4 · 3		241	234
5 · 4		187	192
6 · 3		144	168
7 · 9		110	137
10 · 4		99	106

### §. 5.

Wie ein Blick auf die derselben Dunstdruckgruppe zugehörigen Werthe des Potentialgefälles zeigt, schwanken die letzteren innerhalb recht weiter Grenzen.

Es liegt daher nahe, die Beobachtungen von dem Gesichtspunkte ausgehend zu ordnen, dass auch noch andere Factoren neben dem Dunstdrucke das Potentialgefälle bestimmen können.

Wir haben versucht, den etwaigen Einfluss der Jahreszeit und der Temperatur aus den Beobachtungen darzustellen. Hiezu ist besonders geeignet die Dunstdruckgruppe IV, da in ihr Werthe des Dunstdruckes vereinigt sind, die sowohl an kühlen Herbst- und Frühlingstagen, wie auch an relativ warmen Wintertagen auftreten.

Ordnet man demgemäß die Gruppe IV nach Monaten des Jahres, indem man die Monate V bis XI des Jahres 1888 zusammenfasst, dann XII folgen lässt, dann I des Jahres 1889 und alsdann II bis IV desselben Jahres, so erhält man die folgende Zusammenstellung:

**Tabelle XII.**

Eintheilung der Gruppe IV nach verschiedenen Abschnitten des Jahres.

Monate: V—XI Jahr: 1888		Monat: XII Jahr: 1888		Monat: I Jahr: 1889		Monate: II—IV Jahr: 1889	
IV a		IV b		IV c		IV d	
$\frac{\partial V}{\partial n}$	$p_0$						
100	4·0	231	4·7	372	4·7	186	4·1
76	4·8	235	4·7	347	4·3	183	4·1
282	4·2	251	4·7	446	4·3	124	4·3
185	4·2	233	4·7	397	4·2	93	4·3
261	4·1	136	4·3			303	4·5
268	4·0	185	4·8			246	4·3
		219	4·4			200	4·1
		208	4·1			204	4·1
		508	4·2			267	4·1
		356	4·4			205	4·1
		511	4·0			70	4·5
						80	4·5
Mittel: 179	4·21	280	4·5	390	4·4	180	4·25

Wie man sieht, sind die Mittel aus IV a und IV d identisch, in den Monaten December und Jänner findet aber eine ganz bedeutende Steigerung des Werthes von  $\frac{\partial V}{\partial n}$  statt.

Stellt man sich auf den Boden der Exner'schen Theorie, so erhält man für die vier Untergruppen der Gruppe IV in runden Zahlen folgende zugehörigen Werthe der Constante  $A$ , wenn  $k$  wie oben gleich 1·31 gesetzt wird.

$$\begin{array}{cccc} \text{IV a} & \text{IV b} & \text{IV c} & \text{IV d} \\ A = 1170 & 1930 & 2640 & 1180. \end{array}$$

Eine solche Veränderung in dem Potentialgefälle bei Abwesenheit aller Feuchtigkeit je nach den Jahreszeiten unserer Halbkugel ist jedenfalls an sich kaum wahrscheinlich.

Ein ähnlicher durchgreifender Unterschied ergibt sich auch bei Eintheilung derselben Dunstdruckgruppe nach Temperaturen über und unter  $0^{\circ}$  C. Um ein einigermassen gleichmässig vertheiltes Beobachtungsmaterial zu erhalten, vereinigten wir in IV $\alpha$  alle Werthe von  $\frac{\partial V}{\partial n}$ , beobachtet bei Temperaturen  $> 2 \cdot 1^{\circ}$  C., in IV $\beta$  alle Werthe der Gruppe IV, für welche die Temperatur  $\leq 2 \cdot 1^{\circ}$  C. war. Für alle beobachteten Temperaturen der Gruppe IV $\beta$  darf man wohl voraussetzen, dass in nicht allzugrosser Höhe über dem Erdboden in der That eine Temperatur von  $0^{\circ}$  herrschte.

Tabelle XIII.

Eintheilung der Gruppe IV nach Temperaturen über und unter  $+2 \cdot 1^{\circ}$  C.

IV $\alpha$ Temperaturen $> 2 \cdot 1^{\circ}$ C.				IV $\beta$ Temperaturen $\leq 2 \cdot 1^{\circ}$ C.			
Nummer der Haupt- tabelle	$p_0$	$\frac{\partial V}{\partial n}$	$t^{\circ}$ C.	Nummer der Haupt- tabelle	$p_0$	$\frac{\partial V}{\partial n}$	$t^{\circ}$ C.
26	4·0	100	13·8	92	4·1	261	2·1
29	4·8	76	13·4	93	4·0	268	-1·5
90	4·2	282	8·4	130	4·1	208	0·0
91	4·2	185	6·1	141	4·2	508	1·2
120	4·7	231	3·7	143	4·4	356	0·6
121	4·7	235	7·0	144	4·0	511	-0·4
122	4·7	251	7·2	167	4·3	372	0·0
123	4·7	233	6·7	186	4·3	347	-0·2
127	4·3	136	3·2	187	4·3	446	-0·2
128	4·8	185	4·8	188	4·2	397	-0·3
129	4·4	219	3·2	189	4·1	186	0·2
227	4·3	124	7·9	190	4·1	183	1·2
228	4·3	93	6·0	229	4·5	803	0·4
229	4·1	200	4·0	232	4·1	204	0·0
233	4·1	267	4·8				
234	4·1	205	9·6				
Mittel: $n = 16$	4·4	187	+6·7	Mittel: $n = 14$	4·2	321	+0·22

Berechnet man hier ebenfalls aus den Mittelwerthen die zugehörigen Werthe der Constante  $A$ , so ergibt sich in runden Zahlen für eine mittlere Temperatur von:

$$\begin{array}{ll} +6\cdot7^{\circ}\text{ C.} & A = 1265 \\ +0\cdot22^{\circ}\text{ C.} & A = 2090 \end{array}$$

Für höhere Temperaturen ergibt sich also nahezu der aus Exner's Beobachtungen abgeleitete Werth 1300, während für niedere Temperaturen ein bei weitem höherer Werth erforderlich wäre.

Hierin liegt unseres Erachtens auch der Grund, weshalb unsere Beobachtungen im Allgemeinen höhere Mittelwerthe als die Exner'schen liefern. Es überwiegen in unserem Beobachtungsmateriale die Winterwerthe, während solche in dem von Exner gesammelten Materiale gegen die Sommerwerthe zurücktreten.

Wir glauben biedurch wahrscheinlich gemacht zu haben, dass noch ein anderer Factor bestimmend auf den jährlichen Gang der Luftelektricität einwirkt, der veranlasst, dass mit dem Herabsinken der Temperatur unter  $0^{\circ}$  eine ziemlich jähe Änderung des Potentialgefälles eintritt. Es steht hiemit vielleicht die That-sache im Zusammenhange, dass sowohl Exner, wie auch wir für einen Dunstdruck von  $3\cdot8\text{ mm}$ , der im Durchschnitte bei einer Temperatur von  $0^{\circ}$  herrschen dürfte, Mittelwerthe für  $\frac{\partial V}{\partial n}$  fanden, die sich aus dem Verlaufe der theoretischen Curve ausordneten.

Eine Deutung dieser Erscheinung könnte vielleicht in folgender Weise vermutet werden.

Frosttage ohne leichten Nebel oder Dunst gehören zu grossen Seltenheiten. Im verflossenen Winter haben wir einen dunstfreien Tag kaum gehabt. Namentlich sind die Morgen- und Abendbeobachtungen fast immer während Anwesenheit von leichtem Nebel oder Dunst gewonnen.

Es ist eine bekannte Thatsache, dass das Vorhandensein von Nebel die normalen Werthe von  $\frac{\partial V}{\partial n}$  häufig bedeutend ver-

ändert. Bei überkältetem Nebel wurden meist sehr hohe Werthe für  $\frac{\partial V}{\partial n}$  ermittelt. Eine Anzahl von uns bei Nebel ausgeführten Beobachtungen sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle XIV.

Bestimmung von  $\frac{\partial V}{\partial n} = \frac{\text{Volt}}{\text{Meter}}$  bei Nebel.

Nr.	Jahr	Tag	Stunde	$\frac{\partial V}{\partial n}$	$t^\circ \text{ C.}$	$p_0$	B e m e r k u n g e n
1	1888	7./12.	8½ a	+ 705	— 1·5	4·1	{ Dichter Nebel und Glatteis.
2	1888	7./12.	4 p	+ 529	—	—	
3	1888	7./12.	6 p	+ 926	— 1·0	3·9	Sehr dichter Nebel; eine Messung im Garten gab +936.
4	1888	18./12.	5½ p	+1000	— 2·0	4·0	{ Sehr dichter Nebel; Fünkchen beim Anschlagen der Aluminiumblättchen des Elektroskopes.
5	1888	18./12.	7 p	+1000	—	—	
6	1888	20./12.	8 a	+ 702	— 3·2	3·6	Dichter Nebel.
7	1888	20./12.	9½ a	+ 381	— 2·4	3·8	Nebel lichtet sich, bisweilen ist blauer Himmel zu sehen.
8	1888	20./12.	12½ a	+ 536	— 1·2	4·2	Nebel ziemlich dicht, doch lichter als 8 a.
9	1888	20./12.	2½ p	+ 465	— 1·8	4·0	Ebenso, Messung auf der Wiese.
10	1888	20./12.	6 p	+ 728	— 1·8	4·0	Dichter Nebel.
11	1888	23./12.	9½ a	+ 102	+ 0·6	4·8	Feuchter Nebel.

Nr.	Jahr	Tag	Stunde	$\frac{\partial V}{\partial n}$	$t^{\circ}$ C.	$p_0$	B e m e r k u n g e n
12	1889	1./1.	$1\frac{1}{2} p$	+434	- 0·8	4·2	Ziemlich dichter Nebel.
13	1889	1./1.	$3 p$	+511	-	-	Dichter Nebel.
14	1889	5./2.	$9\frac{3}{4} a$	+952	-11·7	1·7	Wolkenlos, Rauhreif, Bodennebel.
15	1889	6./3.	$7\frac{1}{2} a$	+186	-11·0	1·9	Rauhreif, Nebel, verschleiert.
16	1889	5./3.	$9 a$	+183	-13·8	1·5	Rauhreif, Bodennebel, Eiskristalle in der Luft, doch wolkenlos.

Am 18. December 1888 war die elektrische Spannung so hoch, dass die Aluminiumblättchen des Standelektroskopes an die Wandungen desselben unter Lichterscheinungen anschlugen.

Auch bei Rauhreif treten bisweilen (Nr. 14 der Tabelle) abnorm hohe Werthe für  $\frac{\partial V}{\partial n}$  auf, jedoch durchaus nicht immer, wie aus Beobachtung Nr. 15 und 16 zu ersehen ist.

Es ist demnach gegenüber diesem Einflusse des Nebels nicht ausgeschlossen, dass der fast stets vorhandene Dunst die normalen Werthe an Frosttagen etwas erhöht. Da übrigens der Nebel auch zuweilen mit niedrigen Potentialwerthen in Verbindung erscheint (Nr. 11, 15, 16), so dürfte es doch sein Bedenken haben, die bei constantem Dunstdrucke und abnehmender Temperatur erfolgende Steigerung derselben allein auf den Einfluss des Nebels zurückzuführen.

Eine deutliche Einwirkung der Cirri, solange sie nur vereinzelt, hie und da, nicht als Schirm auftreten, war nicht an unseren Instrumenten wahrzunehmen.

Auflangsweise sei noch bemerkt, dass die jähre Temperaturänderung, welche am 7. März 1889 bei anfangs wolkenlosem Himmel eintrat, das normale Potentialgefälle in höchst auffallender Weise veränderte. An diesem Tage stieg nämlich die Temperatur von  $-10\cdot 1^{\circ}$  C. (7a) im Laufe des noch ziemlich normalen Morgens bis auf  $+2\cdot 2$ . Die während des ganzen Tages am Standelektroskop beobachteten Werthe waren so abnorm,<sup>1</sup> dass wir ihre Publication nicht zurückhalten möchten. Wir setzen desshalb das Beobachtungsprotokoll von dem genannten Tage hieher:

**Tabelle XV.**

Temperatursturz am 7. März 1889.

Charakteristik des Tages: Um 8 a wolkenlos, doch starker Dunst, der bis 10 a bedeutend zunimmt. Um 11 a Cirruschirm im SW, der sich um 5 p über den ganzen Himmel ausbreitet hat; von da ab lichte Bewölkung über den ganzen Himmel, die sich bis zum Morgen des 8. März ziemlich constant erhält.

	7 a	2 p	9 p
Absolute Feuchtigkeit .....	1·9	3·1	3·1
Temperatur .....	$-10\cdot 1$	$+2\cdot 2$	$+0\cdot 8$ .

Beobachtungszeiten	8 a	$9\frac{2}{3}$ a	$10\frac{1}{4}$ a	$10\frac{1}{2}$ a	$11\frac{1}{2}$ a	12 a	$\frac{1}{2}$ p	1 p	$1\frac{1}{2}$ p	2 p	3 p	4 p	5 p	$11\frac{5}{6}$ p
$\frac{\partial V}{\partial n}$	+412	+744	+874	+735	+1302	1739	1860	1860	1049	1433	-1232	-1232	-880	-883

<sup>1</sup> Vergeblich haben wir uns bemüht, neben dem auffallenden Temperatursprunge irgend eine erhebliche Anomalie in der Wetterlage Centraleuropas an diesem Tage aufzufinden. Nur von dem fernen Alexandrien wird vom 6. März starker Sturm mit dichtem Staubfalle gemeldet (vergl. Meteorolog. Zeitschrift: Pirona, Staubfälle in Alexandrien, Mai-Heft 1889, S. 197). Es möge an dieser Stelle die Frage angeregt werden, ob die von uns beobachtete elektrische Störung auch an anderen Orten bemerkt ist.

Nr.	Jahr	Tag	Stunde	$\frac{\partial V}{\partial n}$	$t^{\circ} \text{ C.}$	$p_0$	B e m e r k u n g e n
12	1889	1./1.	$1\frac{1}{2} p$	+434	- 0·8	4·2	Ziemlich dichter Nebel.
13	1889	1./1.	3 p	+511	-	-	Dichter Nebel.
14	1889	5./2.	$9\frac{3}{4} a$	+952	-11·7	1·7	Wolkenlos, Rauhreif, Bodennebel.
15	1889	6./3.	$7\frac{1}{2}$	+186	-11·0	1·9	Rauhreif, Nebel, verschleiert.
16	1889	5./3.	9 a	+183	-13·8	1·5	Rauhreif, Bodennebel, Eiskristalle in der Luft, doch wolkenlos.

Am 18. December 1888 war die elektrische Spannung so hoch, dass die Aluminiumblättchen des Standelektroskopes an die Wandungen desselben unter Lichterscheinungen anschlugen.

Auch bei Rauhreif treten bisweilen (Nr. 14 der Tabelle) abnorm hohe Werthe für  $\frac{\partial V}{\partial n}$  auf, jedoch durchaus nicht immer, wie aus Beobachtung Nr. 15 und 16 zu ersehen ist.

Es ist demnach gegenüber diesem Einflusse des Nebels nicht ausgeschlossen, dass der fast stets vorhandene Dunst die normalen Werthe an Frosttagen etwas erhöht. Da übrigens der Nebel auch zuweilen mit niedrigen Potentialwerthen in Verbindung erscheint (Nr. 11, 15, 16), so dürfte es doch sein Bedenken haben, die bei constantem Dunstdrucke und abnehmender Temperatur erfolgende Steigerung derselben allein auf den Einfluss des Nebels zurückzuführen.

Eine deutliche Einwirkung der Cirri, solange sie nur vereinzelt, hie und da, nicht als Schirm auftreten, war nicht an unseren Instrumenten wahrzunehmen.

Anhangsweise sei noch bemerkt, dass die jähе Temperaturänderung, welche am 7. März 1889 bei anfangs wolkenlosem Himmel eintrat, das normale Potentialgefälle in höchst auffallender Weise veränderte. An diesem Tage stieg nämlich die Temperatur von  $-10\cdot 1^{\circ}$  C. (7a) im Laufe des noch ziemlich normalen Morgens bis auf  $+2\cdot 2$ . Die während des ganzen Tages am Standelektroskop beobachteten Werthe waren so abnorm,<sup>1</sup> dass wir ihre Publication nicht zurückhalten möchten. Wir setzen desshalb das Beobachtungsprotokoll von dem genannten Tage hieher:

**Tabelle XV.**  
**Temperatursturz am 7. März 1889.**

Charakteristik des Tages: Um 8a wolkenlos, doch starker Dunst, der bis 10a bedeutend zunimmt. Um 11a Cirrus-schirm im SW, der sich um 5p über den ganzen Himmel ausbreitet hat; von da ab lichte Bewölkung über den ganzen Himmel, die sich bis zum Morgen des 8. März ziemlich constant erhält.

	7 a	2 p	9 p
Absolute Feuchtigkeit .....	1·9	3·1	3·1
Temperatur .....	$-10\cdot 1$	$+2\cdot 2$	$+0\cdot 8$ .

Beobachtungszeiten	8 a	$9\frac{2}{3} a$	$10\frac{1}{4} a$	$10\frac{1}{2} a$	$11\frac{1}{2} a$	12 a	$\frac{1}{4} p$	1 p	$1\frac{1}{2} p$	2 p	3 p	4 p	5 p	$11\frac{5}{6} p$
$\frac{\partial V}{\partial n}$	+412	+744	+874	+735	+1302	1739	1860	1860	1049	1433	-1232	-1232	-880	-883

<sup>1</sup> Vergeblich haben wir uns bemüht, neben dem auffallenden Temperatursprunge irgend eine erhebliche Anomalie in der Wetterlage Centraleuropas an diesem Tage aufzufinden. Nur von dem fernen Alexandrien wird vom 6. März starker Sturm mit dichtem Staubfalle gemeldet (vergl. Meteorolog. Zeitschrift: Pirona, Staubfälle in Alexandrien, Mai-Heft 1889, S. 197). Es möge an dieser Stelle die Frage angeregt werden, ob die von uns beobachtete elektrische Störung auch an anderen Orten bemerkt ist.

Leider wurde verabsäumt, in den Zeiten von 12 bis 2 p das Vorzeichen der Luftelektricität zu bestimmen, so dass der Zeitpunkt, in welchem der Übergang der hohen positiven Werthe in noch grössere negative erfolgte, nicht festgestellt worden ist.

Am Morgen des 8. März war die Störung vorüber; eine Messung ergab hier bei licht bewölktem Himmel den Werth:  

$$\frac{\partial V}{\partial n} = +300.$$

### §. 6.

Bekanntlich wirken in noch weit höherem Grade als die Nebelbildung die atmosphärischen Niederschläge auf das Potentialgefälle der Luftelektricität verändernd ein. Nicht nur der absolute Betrag, auch der Sinn desselben ist unregelmässigen, augenscheinlich von der Ergiebigkeit und Art der Niederschläge abhängigen Schwankungen ausgesetzt. Offenbar wirken die Niederschläge selbst, sowie die Wolken, denen sie entströmen, influenzirend auf die aufsaugende Flamme ein; dass den ersten in der That eine gewisse Spannungsdifferenz gegenüber dem Erdkörper zukommt, haben wir vor einiger Zeit<sup>1</sup> nachzuweisen gesucht und gedenken in Kurzem neuere darauf bezügliche Beobachtungen zu veröffentlichen.

In Betreff der hier in Rede stehenden Veränderungen der sogenannten Schönwetterelektricität liegt nun die Vermuthung nahe, dass Störungen des normalen Potentialgefälles, wie sie in Niederschlagsgebieten auftreten, sich vielleicht auch kundgeben werden in Gebieten, in denen noch keine Bewölkung eingetreten ist. Wir glauben öfter bemerkt zu haben, dass nach relativ geringen Werthen des Potentialgefälles im Laufe eines Tages Trübungen des Himmels und Niederschläge eintreten.<sup>2</sup> Hiemit im Einklange stand die Angabe Palmieri's,<sup>3</sup> dass er negative Werthe der Luftelektricität nur dann beobachtet habe, wenn ent-

<sup>1</sup> J. Elster u. H. Geitel, Meteorolog. Zeitschrift, V, S. 95, 1888.

<sup>2</sup> Vergl. auch die Beobachtungen Exner's: Diese Ber., Bd. XCVII, Abth. II. a., März 1888, S. 292 ff.

<sup>3</sup> Luigi Palmieri, Die atmosphärische Elektricität, übersetzt von Discher, S. 30, Hartleben's Verlag, 1884.

weder am Beobachtungsorte selbst oder in der Umgebung (bis 70 km) Niederschlag fiel. Wir haben auch von diesem Gesichtspunkte aus unser Material zu verwerthen gesucht.

Von Seite der Direction der kaiserlichen Seewarte in Hamburg sind uns freundlicher Weise die autographirten Wetterberichte mit den synoptischen Wetterkarten für die Zeit zur Verfügung gestellt, in welche unsere Beobachtungen fallen; wir verfehlten nicht, unserem ergebenen Danke Ausdruck zu geben.

Wir fügten nun allen den in der Haupttabelle verzeichneten und noch einigen anderen, aus den täglichen Beobachtungen entnommenen Messungen eine Zahl hinzu, durch welche die Entfernung der nächsten Station, von welcher Niederschlag zur Zeit unserer Messung gemeldet war, von unserem Beobachtungsorte Wolfenbüttel angegeben wurde. Diese Zahlen erhielten wir, indem wir mittelst des Zirkels diese Entfernung auf der grösseren Wetterkarte abmassen und in Millimetern ausdrückten. Die gewonnenen Millimeter ergaben unter Berücksichtigung des Massstabes der Karte die wahren Entfernungen in Kilometern. War die Beobachtungszeit nicht dieselbe, so wurde die Zeitdifferenz in Stunden beigefügt. Leider weichen die von uns eingehaltenen Beobachtungszeiten für die Sommermonate stark von den auf den meteorologischen Stationen üblichen ab, so dass eine genaue Zeitübereinstimmung nur für eine einigermassen grosse Anzahl von Winterbeobachtungen bestehen bleibt.

Wir fanden nun, dass eine nahezu gleichmässige Vertheilung des Beobachtungsmateriales eintritt, wenn man dasselbe ordnet, je nachdem Niederschläge in einer Entfernung  $r$  von weniger oder mehr als 500 km (genauer 490) gemeldet wurden. Diese Zahl haben wir daher zu Grunde gelegt.

Es ergab sich nun für den Winter (Monat X bis III):

#### A. Aus simultanen Beobachtungen:

##### a) Regen und Schnee nicht getrennt:

		Anzahl der Beobachtungen
$r \leq 500$	$\frac{\partial V}{\partial n} = 353$	$n = 28$
$r > 500$	$\frac{\partial V}{\partial n} = 350$	$n = 43$

b) Regen allein:

$$r \leqq 500 \quad \frac{\partial V}{\partial n} = 320 \quad n = 14$$

$$r > 500 \quad \frac{\partial V}{\partial n} = 338 \quad n = 32$$

c) Schnee allein:

$$r \leqq 500 \quad \frac{\partial V}{\partial n} = 385 \quad n = 14$$

$$r > 500 \quad \frac{\partial V}{\partial n} = 384 \quad n = 11$$

Lässt man eine Zeitdifferenz von  $\pm 3$  Stunden zwischen unserer Messung und der Beobachtung der fernen Station zu, so erhält man:

B. Nicht simultane Beobachtungen; Differenz  $\pm 3$  Stunden.

I. Sommer:

$$r \leqq 500 \quad \frac{\partial V}{\partial n} = 80 \quad n = 17$$

$$r > 500 \quad \frac{\partial V}{\partial n} = 112 \quad n = 40$$

II. Winter:

1. Regen:

$$r \leqq 500 \quad \frac{\partial V}{\partial n} = 269 \quad n = 23$$

$$r > 500 \quad \frac{\partial V}{\partial n} = 323 \quad n = 51$$

2. Schnee:

$$r \leqq 500 \quad \frac{\partial V}{\partial n} = 393 \quad n = 25$$

$$r > 500 \quad \frac{\partial V}{\partial n} = 363 \quad n = 17$$

Die Zahlen der letzten Tabellen deuten in der That darauf hin, dass die Nähe von Niederschlagsgebieten, in denen Regen fällt, ein Sinken des Potentialgefälles sowohl im Winter wie im Sommer hervorbringt.

Schnee zeigt diese Wirkung nicht, sondern dürfte vielleicht im Gegentheil die Werthe von  $\frac{\partial V}{\partial n}$  etwas steigern.

Bei einem grösseren Werthe für den Abstand des Niederschlagsgebietes wird die Vertheilung des Zahlenmaterials ungleichartig, doch äussert sich der Einfluss der Regenbildung auch bei einer Trennung der Beobachtungen in Bezirke von unter und über 800 km Radius in gleichem Sinne. Eine Verkürzung des Radius unter 500 km ist deshalb unthunlich, weil Regenfälle in geringem Abstande von Wolfenbüttel zur Zeit der Beobachtungen sehr selten sind; wurden doch die Messungen bei heiterem Himmel vorgenommen.

Man könnte versucht sein, dieses Sinken des Potentialgefälles in der Nähe von Regengebieten nur als einen anderen Ausdruck der von Exner gefundenen Thatsache aufzufassen, dass eine höhere Tension des Wasserdampfes eine Verminderung der elektrischen Spannung bewirkt; doch bliebe hiebei die Unwirksamkeit der Schneefälle unaufgeklärt.

Wir versuchten auch die Beobachtungen zu ordnen, je nachdem sie bei Barometerständen über oder unter einer bestimmten Grenze oder bei steigendem, beziehungsweise fallendem Luftdruck gewonnen waren. Auch die Luftdruckvertheilung über Central-europa haben wir in Betracht gezogen. Alle diese Versuche haben kein sicheres Resultat ergeben. Allerdings trafen zuweilen Maximalwerthe des Potentialgefälles mit hohen Barometerständen zusammen, und besonders traten solche hervor, wenn über Deutschland eine anticyklonale Luftbewegung herrschte. Doch ist hier der Vergleich dadurch sehr erschwert, dass das zur Beobachtung erforderliche heitere Wetter ja selbst vorzugsweise in den Gebieten der Luftdruckmaxima auftritt.

### §. 7.

Das im Vorigen zusammengestellte und discutirte Beobachtungsmaterial reicht bei Weitem nicht aus, um zu Gunsten einer der im Eingange erwähnten Theorien der atmosphärischen Elektricität zu entscheiden, doch werden sich gewisse Argumente für oder wider dieselben mit dem nöthigen Vorbehalte daraus

entnehmen lassen. Da jene Theorien mit Rücksicht auf gewisse Seiten der zu erklärenden Erscheinungsgruppe aufgestellt sind, so darf es nicht überraschen, dass eine jede derselben unter unseren Resultaten solche herauszufinden vermag, die sie für sich verwerthen kann.

Was zunächst die von Exner aufgestellte anbetrifft, so ist hier ein Vergleich mit dem gewonnenen Material am leichtesten, da dieselbe in einer zahlenmäßig fixirten Formel ihren Ausdruck findet. Man muss anerkennen, dass dieselbe in erster Näherung die Beobachtungsmittel darstellt. Dagegen ist die Theorie nicht im Stande, von der täglichen Variation Rechenschaft zu geben. Den täglichen Schwankungen im Potentialgefälle müssten nach Exner's Formel Änderungen im Dunstdrucke entsprechen, wie sie in der Natur nicht vorkommen. Auch der Gegensatz zwischen den Sommer- und Winterbeobachtungen, der zu verschiedenen Werthen des Potentialgefälles für absolut trockene Luft im Sommer und Winter führt, würde der Theorie Schwierigkeiten bereiten. Wir müssem zudem gestehen, dass die derselben zu Grunde liegende Annahme, nach welcher eine Convection der negativen Eigenelektricität der Erde während des Verdampfungsprocesses des Wassers erfolgt, deren experimentelle Bestätigung augenblicklich noch Gegenstand einer Controverse ist, nach unserer Meinung schwerlich Aussicht auf Anerkennung hat. Indessen halten wir die theilweise Bestätigung der berechneten Werthe durch die Beobachtung für eine sehr beachtenswerthe Leistung der Theorie, durch welche sich dieselbe Anspruch auf eingehende Berücksichtigung erzwingt. Der Grundgedanke Exner's, dass der Wasserdampfgehalt der Luft so wirkt, als ob durch denselben der Übertritt der Elektricität von der Erdoberfläche in die Atmosphäre ermöglicht wird, kann vielleicht ohne Bedenken anerkannt werden. Wir haben dabei allerdings, wie bemerkt, nicht eine unmittelbare Convection der Elektricität bei der Verdunstung im Sinne.

Nach den neuen Untersuchungen über die elektrischen Eigenschaften der Gase scheint es nahezu sicher, dass bei gewöhnlicher Temperatur ein Gas im Allgemeinen ein vollkommener Isolator ist für Potentialdifferenzen bis zu einem bestimmten, von der Natur und Dichtigkeit desselben abhängigen, sehr hohen

Betrage. Soll in einem Gase eine Elektricitätsbewegung möglich sein, so muss es entweder leitende Partikelchen enthalten oder seine Moleküle müssen wenigstens theilweise eine Dissociation erfahren haben. Staub ist bekanntlich in der Atmosphäre zu allen Zeiten enthalten. Die Wirkung desselben kann sehr wohl von dem Feuchtigkeitsgehalte der Luft abhängen. Die folgende Anschauung von diesem combinirten Einflusse des Wasserdampfes und des Staubgehaltes auf ihren elektrischen Zustand verdanken wir einer brieflichen Mittheilung des Herrn Dr. Linss in Darmstadt. Das Leitungsvermögen der Partikelchen des Staubes wird wesentlich davon abhängen, ob sie mit einer Feuchtigkeitsschichte überzogen oder trocken sind. Bei hohem Feuchtigkeitsgehalte der Luft ist das erstere der Fall, und die Elektricität findet so geeignete Vehikel vor, um in die Atmosphäre einzudringen. Bei niederm Feuchtigkeitsgehalte ist das Leitungsvermögen der Staubtheilchen geringer und der Elektricität wird der Eintritt in die Luft erschwert, das Potentialgefälle muss steigen, vorausgesetzt, dass ein Zurückführen der Elektricität (durch Niederschläge) inzwischen stattgefunden hat.

Mit dieser Anschauung im Einklange steht die geringe Wirksamkeit des Wasserdampfes bei Temperaturen unter 0° Reines, trockenes Eis ist ein Isolator, daher wird der Einfluss des Wassergehaltes der Luft mehr und mehr zurücktreten, sobald der Feuchtigkeitsüberzug in festen Zustand übergeht.

Hiemit wäre die Wirkung des Wasserdampfes im Allgemeinen gekennzeichnet. Er wirkt nur, insofern er den Zerstreuungscoëfficienten der Elektricität erhöht. Allerdings ist es nicht möglich, diesen Einfluss des Wasserdampfes in einer Formel auszudrücken, der Verlauf der Erscheinung wird aber ähnlich wie nach Exner's Gesetze erfolgen.

Aus einer Reihe von zwei Jahre lang fortgesetzten Beobachtungen hat Linss<sup>1</sup> die Zerstreuungscoëfficienten ( $\alpha$ ) der Luft zu verschiedenen Jahreszeiten bestimmt. Wir haben die von Linss gefundenen Zahlen in der unten angegebenen Tabelle (Tab. XVI) für die einzelnen Monate des Jahres neben den Mittelwerthen von  $\frac{\partial V}{\partial n}$  mit aufgeführt; man sieht, dass der Gang von

---

<sup>1</sup> Linss, Meteorol. Zeitschrift, IV. p. 345, 1887.

$\frac{\partial V}{\partial n}$  im Wesentlichen umgekehrt, wie der des Zerstreuungscoefficienten verläuft.

Man würde indessen zu weit gehen, wenn man den Zerstreuungscoefficienten der Luft oder ihre Leistungsfähigkeit als allein von ihrem Staub- und Wasserdampfgehalte abhängig denken wollte. Auch die zweite mögliche Bedingung dafür, dass ein Gas als Leiter auftreten kann, eine wenigstens theilweise Dissociation seiner Moleküle, kann bei der atmosphärischen Luft zutreffen. Wir gelangen damit zur Theorie von Arrhenius.

Indem derselbe die experimentell erwiesene Thatsache zu Grunde legt, dass bei Bestrahlung mit ultraviolettem Lichte die Elektricität von einem in Luft befindlichen Leiter entweicht, schreibt er den Sonnenstrahlen die Eigenschaft zu, die Erdatmosphäre in elektrolytisch leitenden Zustand zu versetzen. Der von ihm hervorgehobene Zusammenhang zwischen den am Aktinometer und Elektrometer gemessenen Zahlenreihen, nach welchen eine erhöhte Sonnenstrahlung ein verminderter Potentialgefälle zur Folge hat, ist in der That sehr auffallend und findet auch in der für Wolfenbüttel gefundenen täglichen und jährlichen Variation seinen Ausdruck, wie aus untenstehender Zusammenstellung hervorgeht.

Tabelle XVI.

Nr.	Monat und Jahr	Anzahl der normalen Tage	$\frac{\partial V}{\partial n}$ Mittel der Tagesmittel	$z$ Zerstreuungscoefficient nach Linss <sup>1</sup>	Aktinometer nach Quetelet <sup>2</sup>	Absolute Feuchtigkeit $p_0$	A Potentielle für $p_0 = 0$
1	9, 1888	3	127·3	0·0136	21·65	7·33	1349
2	10, 1888	2	241·5	0·0081	15·85	4·30	1602
3	12, 1888	6	317·5	0·0057	8·15	3·75	1877
4	1, 1889	10	381·5	0·0043	8·37	2·62	1691
5	2, 1889	3	342·5	0·0053	13·57	2·63	1523
6	3, 1889	2	386·5	0·0089	17·29	2·20	1500
7	4, 1889	1	157·0	0·0130	20·49	4·40	1062

<sup>1</sup> Meteorolog. Zeitschrift, IV, S. 345, 1887.

Dieselbe, V, S. 304, 1888.

Die in derselben aufgeführten Werthe von  $\frac{\partial V}{\partial n}$  sind aus der

Tabelle der Tagesmittel (Tab. VI) abgeleitet. Zum Vergleiche sind die Mittel des Dunstdruckes und, wie oben erwähnt, die Zerstreuungscoefficienten  $z$  nach Linss beigefügt. Um den Einfluss des Dunstdruckes wenigstens in erster Annäherung zu eliminiren und so den etwaigen Anteil der Bestrahlung stärker hervortreten zu lassen, haben wir die Exner'sche Formel:

$$\frac{\partial V}{\partial n} = \frac{A}{1+k p_0}$$

als richtig angenommen und mit Zugrundelegung des Werthes  $k = 1 \cdot 31$  die Constante  $A$  für die einzelnen Monate bestimmt. Hiedurch ergaben sich die in der mit  $A$  überschriebenen Columne verzeichneten Zahlen, welche das auf die Abwesenheit jeder Feuchtigkeit bezogene Potentialgefälle des betreffenden Monates angeben. Die aktinometrischen Messungen zeigen mit ihnen verglichen in auffallender Weise einen entgegengesetzten Verlauf.

Die Zustandsänderungen, denen die Moleküle der Luft vorzugsweise in den höheren atmosphärischen Schichten im Laufe des Tages und Jahres in Folge der Sonnenstrahlung periodisch ausgesetzt sind, würden sich nach Arrhenius' Auffassung in den täglichen und jährlichen Variationen des Potentialgefälles wiederspiegeln.

Es erscheint von diesem Standpunkte jedenfalls lohnend, dem ausser Anderen auch von Hann<sup>1</sup> kürzlich hervorgehobenen Zusammenhänge zwischen der täglichen Oscillation des Barometers und dem täglichen Verlaufe des normalen Potentialgefälles zu verschiedenen Jahreszeiten und an verschiedenen Erdorten nachzuforschen. Nachdem die Constanten der Periode der Barometerschwankungen durch Hann<sup>2</sup> in so umfassender Weise bestimmt sind, wäre es nur noch erforderlich, das entsprechende Material elektrischer Beobachtungen zu sammeln.

<sup>1</sup> Hann, Meteorolog. Zeitschrift, VI, S. 106, 1889.

<sup>2</sup> Hann, Untersuchungen über die täglichen Oscillationen des Barometers, Wien, Tempsky, 1889.

Das unserige ist, wie oft bemerkt, noch zu dürfsig, doch tritt für die Sommermonate die Coïncidenz der Luftdruckperiode mit der der atmosphärischen Elektricität schon hervor.

Auch für die Sohncke'sche<sup>1</sup> Theorie, nach welcher die Quelle der atmosphärischen Elektricität in einer Reibung zwischen Eis und Wasser zu suchen ist, lassen sich gewisse Belege aus unseren Beobachtungen finden. Es spricht für dieselbe die Zunahme der positiven Spannung bei Temperaturen in der Nähe von und unter 0°.

Auch der Unterschied in der Fernewirkung grosser Niederschlagsgebiete, je nachdem in ihnen Schnee- oder Regenbildung stattfindet, lässt sich in einem der Theorie günstigen Sinne deuten.

Um nicht missverstanden zu werden, möchten wir auch an dieser Stelle noch einmal die schon mehrfach von uns ausgesprochene Ansicht<sup>2</sup> anführen, nach welcher die elektrischen Vorgänge während der Niederschlagsbildung der Hauptsache nach als Störungen des normalen Zustandes aufzufassen sind, eingeleitet durch Influenz der positiven Luftelektricität auf die aus den Wolken sich ablösenden und herabsinkenden Niederschläge, die ihrerseits unter gewissen günstigen Umständen eine Verstärkung jener Influenz zu Wege bringen und so zu einer continuirlichen Selbstinfluenz der regnenden oder hagelnden Wolken führen, deren elektrische Thätigkeit dann einzig durch die Fallbewegung der Niederschläge unterhalten wird.

---

<sup>1</sup> Sohncke, l. c.

<sup>2</sup> J. Elster u. H. Geitel, Über die Elektricitätsentwicklung bei der Regenbildung, Wied. Ann., Bd. 25, S. 121, 1885, und: Zur Frage nach dem Ursprunge der Wolkelelektricität, 4. Jahresber. d. naturwissensch. Vereines zu Braunschweig, S. 40, 1886.

---