

MESSUNGEN DES ELECTRICISCHEN POTENTIALGEFÄL- LES AUF SPITZBERGEN UND JUIST.

Von JULIUS ELSTER.

Im Sommer des Jahres 1900 bot sich mir Gelegenheit, in dem nördlichsten Teile von *West-Spitzbergen* einige luftelectricische Messungen vorzunehmen. Am 5ten August, abends, ging unser Dampfer in dem unter dem 79° N. Br. gelegenen *Virgohafen* vor Anker. Das Wetter am folgenden Tage war schön, der Himmel bis auf vereinzelte Cirri wolkenlos; an der Küste herrschte Windstille, in den freier gelegenen Teilen des Hafens frischte gegen Abend der Wind etwas auf. Als Standort für die Exner'schen luftelectricischen Apparate wählte ich an Land eine frei gelegene Stelle unweit der Trümmer der Andre'schen Ballonhalle. Der Collector befand sich 1.60 m. über dem Erdboden und die Bestimmung der relativen Feuchtigkeit der Luft geschah mittels eines Koppe'schen Haarhygrometers. Es ergaben sich die folgenden Zahlen:

Datum	Zeit	Scalen- theil	Volt	Tempe- ratur C.	Relative Feuchtig- keit	Dampf- druck
6./VIII. 1900	h			0	%	
	11½ a	3.6	+100	9.6	72	6.5
	12 m	6.0	+124	8.8	75	6.3
	12¼ p	1.8	+ 50	9.2	71	6.2
	12¾ p	1.8	+ 50	9.0	73	6.3
	1¼ p	2.1	+ 70	8.6	72	6.1
Mittel:			+ 79	9.0	73	6.3

Der Potentialgradient bestimmt sich danach zu $79/1.60 = 49.4$ Volt/Meter. Es unterliegt keinem Zweifel, dass diese Zahl nur als eine *untere* Grenze angesehen werden darf, da die Terrainverhältnisse¹ eine zuverlässige Reduction auf die Ebene ausschlossen.

¹ Ein sanft ansteigender, etwa ½ km breiter Strand ist Bergen von 400-500 m Höhe vorgelagert.

Mein Bestreben ging nun dahin, auch eine *obere* Grenze dieser Grösse zu gewinnen. Die Möglichkeit hierzu bot sich dadurch, dass etwa in der Mitte des Virgohafén ein Riff die Meeresfläche durchbricht, dessen ziemlich flache Kuppe zu den fraglichen Messungen geeignet erschien. Ich liess mich gegen 5 p. desselben Tages dorthin ausboten und gewann dort folgende Zahlen:

Datum	Zeit	Scalen- theil	Volt	Tempe- ratur C.	Relative Feuchtig- keit	Dampf- druck
6./VIII. 1900	h			°	%	
	5 p	20.0	260	9.9	66	6.1
	5½ p	9.2	159	7.1	86	6.4
	5¾ p	15.1	227	8.1	84	6.8
	6 p	10.5	172	6.5	81	5.8
	6¼ p	9.0	157	7.2	88	6.7
	6½ p	9.5	162	5.6	100	6.8
Mittel:			190	7.4	84	6.4

Für den Potentialgradienten findet man demnach im Mittel $190/1.60 = 119$ Volt/Meter. Diese Zahl liegt bestimmt höher als der wahre Wert. Das Riff steigt nämlich bis etwa 4 m über das Meeresniveau an; die auf seinem Gipfel ermittelten Zahlen müssen daher zu gross ausfallen.

Als Resultat dieser Messungen ergibt sich demnach, dass an dem genannten Tage das Potentialgefälle in runden Zahlen zwischen 60 und 120 Volt lag, d. h. also etwa innerhalb derselben Grenzen wie in unseren Breiten zur gleichen Jahreszeit.

Am 7ten und 9ten August wurden ebenfalls noch Potentialmessungen ausgeführt; wesentlich höhere Werte ergaben die aus meteorologischen Gründen nicht einwandfreien Beobachtungen in dessen nicht. Am 7ten wurde unter dem 80° N. Br. auf dem Oberdeck des stillliegenden, im Packeise verankerten Dampfes bei Windstille und bedecktem Himmel gemessen und am 9ten auf dem vollkommen ebenen Strande der *Adventbay*. Die letzteren Messungen würden wertvoll geworden sein, wenn nicht bald nach dem Aufbau der Apparate hereinbrechende Regenböen (um 10¼ p.) den Beobachtungen ein Ziel gesetzt hätten. Am 6ten Messungen von 7½ p. bis 9¾ p. vor beginnendem Regen ergab sich für das Potentialgefälle: + 94 Volt/Meter, doch ist diese Zahl aus den angegebenen Gründen unsicher.

Mit den Bestimmungen des Potentialgradienten gingen Hand in Hand Messungen der electricischen Leitfähigkeit der freien Atmo-

sphäre. Die arctische Luft zeigte dabei ein electricisches Leitungsvermögen, welches das der über dem continentalen Europa lagernden Luft um das 4 bis 5fache übertraf. Die Vermuthung lag daher nahe, dass der geringe Betrag des Potentialgradienten in Spitzbergen und die hohe electricische Leitfähigkeit reiner Atmosphäre in einem ursächlichen Zusammenhange ständen.

In der That wird man um so höhere Werte des Potentialgefälles erwarten müssen, je kleiner die electricische Leitfähigkeit der Luft, und umgekehrt.

Es schien mir daher von Interesse, die gleichen Messungen wie in Spitzbergen auf einer Insel zu wiederholen, die dem continentalen Europa nahe liegt. Ich entschied mich für die Insel *Juist*, deren weiter ebener Strand zu derartigen Messungen besonders geeignet erschien.

Während nun auf dieser Insel die electricische Leitfähigkeit der Luft sich durchschnittlich nicht höher erwies als auf dem Continente, zeigte das Potentialgefälle dauernd ein ganz abnormes Verhalten. Die Werte waren an klaren Tagen durchgehends so hoch, wie bei uns kaum an den kältesten Frosttagen. Stundenlang anhaltende Maxima von 500–900 Volt kamen häufig vor. Diese hohen Werte liessen sich natürlich nur angenähert ermitteln. Musste doch zur Zeit der Maxima von 4–7 p. das kleinste Ebonitstück des Exner'schen Stativs so tief in den Sand getrieben werden, dass sich die Spitze der als Collector dienende Flamme nur 8 bis 10 cm über dem Erdboden befand; bei jeder grösseren Höhe schlug das Electroscop durch. Ein isolirter in 1.6 m Höhe aufgestellter Leiter nahm von selber eine positive Ladung an, die sich nach einer Expositions-Zeit von 5–10 Minuten am Exner'schen Electroscop nachweisen liess.

In den ersten Tagen meines vom 7ten bis zum 30ten Juli 1901 währenden Aufenthaltes glaubte ich einer vorübergehenden Anomalie gegenüber zu stehen. Hierin hatte ich mich jedoch getäuscht.

Um den Verlauf der Erscheinung zu kennzeichnen, wähle ich jenen Tag aus, an dem sie am prägnantesten hervortrat, nämlich den 18ten Juli. Der Himmel war wolkenlos und es wehte leichter Nord. Die von 9 a. bis 8 p. ermittelten Werte sind diese :

Zeit:	9a	10a	11a	12m	1p	2p	3p	4p	5p	6p	7p	8p
Potentialgradient:	476	500	765	720	656	449	561	459	656	800	900	459

Ich lasse nun zunächst die Tabelle der Tagesmittel folgen. In dieselbe habe ich jedoch nur die Tage mit geringer Bewölkung aufgenommen, an denen von 7 a. bis 9 p. mindestens fünf Messungen vorlagen.

Datum	Potentialgefälle	Anzahl der Beobachtungen	Temperatur C	Relative Feuchtigkeit	Dampfdruck	Windrichtung	Bemerkungen
10./VII.	+380	10	22.0	66	12.9	N. N. E.	fast windstill.
11./VII.	+370	12	20.6	73	13.0	N. E.	" "
12./VII.	+430	9	22.5	77	15.7	E.	windstill.
16./VII.	+180	5	18.5	89	14.1	W.	fast windstill.
17./VII.	+317	10	21.2	74	13.7	W.	" "
18./VII.	+600	13	19.1	81	13.3	N.	wolkenlos. leichter Wind.
19./VII.	+220	15	20.5	74	13.2	S. E.	" "
20./VII.	+210	10	21.2	89	16.6	E. S. E.	lebhafter Wind.
26./VII.	+200	5	19.5	76	12.7	S. W.	" "
Mittel:	+325		20.6	78	13.9		

Wie man sieht liegen die Tagesmittel ausserordentlich hoch. Tage wie der 12. VII. oder 18. VII. mit einem durchschnittlichen positiven Gefälle von 400 und 600 Volt kommen in Deutschland nur zur Zeit strengster Winterkälte vor.

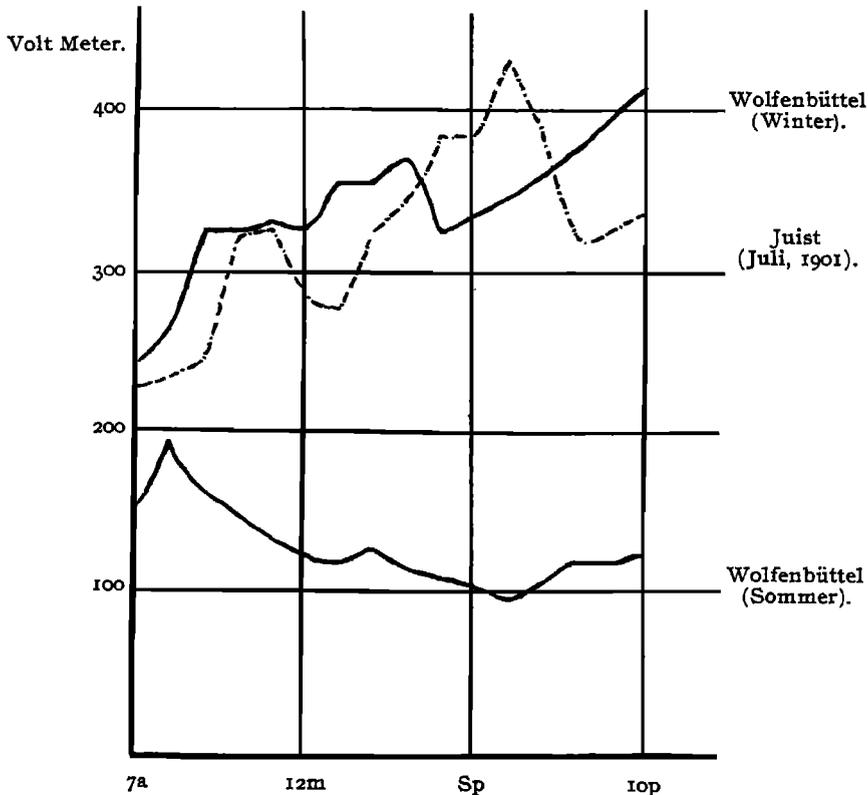
Das gesammelte Material ist ferner ausreichend die tägliche Variation des Potentials zu bestimmen. Bildet man die Stundenmittel, so ergibt sich folgende Curve:

Zeit:	7a	8	9	10	11	12m	1p	2	3	4	5	6	7	8	9p
Anzahl der Beobachtungen:	2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	6	5
Potentialgradient:	185	236	245	324	326	288	279	326	345	384	383	431	388	318	324

Dieselbe ist in der beigegebenen Figur dargestellt; zum Vergleich wurden die entsprechenden Curven für *Wolfenbüttel*¹ (winterlicher und sommerlicher Verlauf des Potentialgefälles an heiteren Tagen) beigelegt. Wie man erkennt, erreichen die winterlichen durchschnittlichen Maxima des Binnenlandes die zur Sommerzeit auf *Juist* beobachteten nicht.

Die Quelle für den durch obige Beobachtungen nachgewiesenen, anomalen Ueberschuss an freier positiver Electricität in der über *Juist* lagernden Atmosphäre aufzufinden, ist mir nicht gelungen.

Bekanntlich hat *Lenard*² gezeigt, dass zerspritzendes Salzwasser die Luft positiv electricisirt. Er zieht hieraus den Schluss und *Lord Kelvin*³ stimmt ihm darin bei, dass die Brandung der Meeres-



VERLAUF DES POTENTIALGEFÄLLES IN JUIST (JULI, 1901) IM VERGLEICH MIT DEM IN WOLFENBÜTTEL (SOMMER UND WINTER.)

¹ J. ELSTER und H. GEITEL. Wien. Ber. Bd. 51. p. 748. 1892.

² P. LENARD. Wied. Ann. 46. p. 584. 1892. "Ueber die Electricität der Wasserfälle." Vergl. S. 631.

³ LORD KELVIN. On the Electrification of Air. Philosoph. Soc. of Glasgow. 27th March 1895. Vergl. § 12.

oberfläche als eine Quelle — wenn auch nicht als die alleinige — für das Vorhandensein freier positiver Electricität in der Atmosphäre angesehen werden muss. Man wird daher geneigt sein, auch den Grund für die auf *Juist* beobachtete Anomalie in der Brandung der Meereswogen zu suchen.

In der That spricht hierfür der Umstand, dass die abnorm hohe positive Electricisirung der Luft bei herrschenden Seewinden besonders scharf hervortritt. So fällt das Maximum der Tagesmittel mit rein nördlicher Windrichtung zusammen; die Winde mit einer Südcomponente, die der Insel z. T. continentale Luftmassen zuführen, drücken dagegen die Werte der Tagesmittel herunter (Vergl. die Beobachtg. von 19, 20 und 26. VII).

Die Thatsache, dass in der Nähe von Wasserfällen die negative Electricisirung der Luft mit Leichtigkeit am Exner'schen Electroscope nachweisbar¹ ist, legt es nahe, analoge Versuche in der Nähe brandender Wogen anzustellen.

Da mir in *Juist* mit den mir zur Disposition stehenden Instrumenten der Nachweis einer positiven Electricisirung der Luft durch einzelne brandende Wogen nicht glückte, so suchte ich in den ersten Tagen des August die weit stärkere Brandung der *Helgoländer* Küste auf und stellte dort einige diesbezügliche Versuche auf der flachen, der Insel vorgelagerten Düne an. Die luftelectricischen Verhältnisse lagen hier ähnlich wie in *Juist*. Auch hier wurden auf ganz ebenem Strande Potentiale von im Mittel 300 Volt/Meter beobachtet. Dabei war es aber ganz gleichgiltig, ob sich der Flammencollector in 100 m oder 10 m oder $\frac{1}{2}$ m Entfernung von der Brandung befand.

Wäre die Electricisirung durch die Brandung der an Wasserfällen vergleichbar, so hätte jede zerspritzende Meereswoge eine Vergrößerung des Electrometerausschlages bewirken müssen, sobald man den Collector der Woge nur nahe genug brachte. Aber selbst als das Spritzwasser die Lampe des Exner'schen Stativs fast erreichte, war eine messbare Wirkung nicht vorhanden.

Diese Versuche widerlegen natürlich die von *Lenard* und *Lord Kelvin* vertretene Ansicht nicht, denn bei der grossen Zahl brandender Wogen, die den Ocean bedecken, wird immerhin eine nicht unerhebliche positive Electricisirung der über dem Meere lagernden Luftschicht möglich sein, auch wenn die Wirkung jeder einzelnen

¹ J. ELSTER und H. GEITEL. Electricische Beobachtungen auf dem Hohen Sonnblick. Wien. Ber. Bd. 49. p. 1016. 1890 und Notiz über Wasserfallelectricität. Wied. Ann. Bd. 47. p. 496. 1892.

Woge nur minimal ist. Gegen diese Auffassung spricht allerdings der Umstand, dass die auf Juist beobachtete Anomalie sicher nicht allgemein verbreitet ist, denn sonst hätte sie bei *Exner's* Messungen an den Küsten der *Adria* und dem Indischen Ocean,¹ sowie bei den oben mitgeteilten Messungen in *Spitzbergen* hervortreten müssen.

Schliesslich darf nicht unerwähnt bleiben, dass die über *Juist* und *Helgoland* lagernde Luft auch ein polarverschiedenes electrisches Leitungsvermögen aufwies. Ein *negativ* geladener und dem electrischen Felde der Erde entzogener Versuchskörper wurde im Mittel 1.3 mal so schnell entladen als ein *positiv* geladener unter gleichen äusseren Bedingungen. Man muss hieraus in Verbindung mit den gleichzeitig beobachteten hohen Werten des Potentialgefälles den Schluss ziehen, dass jene Luft einen abnorm grossen Ueberschuss an freien positiven Ionen enthält.

Bei der grossen Verreitung, welche die *Exner'schen* Apparate gefunden haben und bei dem regen Interesse, das luftelectrischen Messungen in neuester Zeit vielfach entgegengebracht wird, giebt die Mittheilung dieser Beobachtungen vielleicht Anlass, sie an geeigneten Orten zu wiederholen.

Sind die Dauer und die Verbreitung der auf *Juist* und *Helgoland* (Düne) beobachteten abnorm hohen Werte des Potentialgefälles erst bekannt, so wird auch die Ergründung der Quelle des ungewöhnlich grossen Ueberschusses an positiven Ionen in den betreffenden Luftschichten mehr Aussicht auf Erfolg haben.

Wolfenbüttel, Januar 1902.

¹ Auf Ceylon hat *Exner* an Tagen mit starker Brandung zwar einen merklichen Einfluss auf die Angaben des Electrosopes durch den von der Brandung herrührenden Wasserstaub beobachtet; auf hoher See jedoch nicht. Vergl. F. EXNER. Beobachtungen über atmosphärische Electricität in den Tropen. Wien. Berichte, Bd. 98 und 99 (1889 und 1890).