

JAN 25 1901

Sitzungsberichte

der

mathematisch-physikalischen Classe

der

k. b. Akademie der Wissenschaften

zu München.



1900. Heft I.

München.

Verlag des B. Beckersche.

1900.

In Commission bei J. Neumann, Neudamm-Str. 14, Berlin.

Messungen der elektrischen Zerstreuung im Freiballon.

Von Hermann Ebert.

(Eingelaufen 14. Januar.)

Die Herren Elster und Geitel haben eine Reihe interessanter Beobachtungen über die Elektrizitätsverluste wohl isolierter, elektrisch geladener Körper in der Luft angestellt,¹⁾ die sich nicht einfacher und vollkommener erklären lassen als durch die Annahme, dass in der freien Atmosphäre immer, aber namentlich an klaren, sonnigen Tagen, eine gewisse Menge frei beweglicher, elektrisch geladener kleinster Teilchen vorhanden ist, welche den Kräften elektrisierter Körper folgend deren Ladungen durch ihre Eigenladung in einer bestimmten Zeit zu neutralisieren vermögen. Wenn für diese Teilchen die Bezeichnung „Jonen“ eingeführt wird, so bleibt vorläufig die nähere Beschaffenheit derselben noch völlig unentschieden; dahingestellt vor allem bleibt, ob sie identisch mit den Jonen der gewöhnlichen Elektrolyse sind, ob sie also als Teilproducte irgend eines der Bestandteile der Atmosphäre aufzufassen sind,

¹⁾ J. Elster und H. Geitel: Ueber einen Apparat zur Messung der Elektrizitätszerstreuung in der Luft; Physikal. Zeitschrift 1, S. 11, 1899. Ueber die Existenz elektrischer Jonen in der Atmosphäre. *Terrestrial Magnetism and atmospheric electricity* 4, S. 213, 1899. Ueber Elektrizitätszerstreuung in der Luft. *Ann. der Physik* 2, S. 425, 1900. J. Elster: Messungen der elektrischen Zerstreuung in der freien atmosphärischen Luft an geographisch weit von einander entfernt liegenden Orten, *Physikal. Zeitschrift* 2, S. 113, 1900. H. Geitel: Ueber die Elektrizitätszerstreuung in abgeschlossenen Luftmengen, *Physikal. Zeitschrift* 2, S. 116, 1900.

oder nicht vielmehr jenen kleinen elektrisch geladenen Teilchen, den sog. „Corpuskeln“ oder „Elektronen“ verwandt sind, welche in röntgenisierten Gasen, oder bei der Bequerelstrahlung aufzutreten scheinen. Auch über ihren Ursprung in der Atmosphäre und die Art ihrer Regeneration wissen wir vorläufig nichts näheres. Zwar wird man geneigt sein, an einen Zusammenhang mit der von Lenard¹⁾ entdeckten Erscheinung zu denken, wonach Durchstrahlung mit ultravioletttem Lichte in Luft einen Zustand der Ionisierung herbeiführt; es bleibt freilich auch hier vorerst noch zu ermitteln, ob die bei dem „Lenardeffect“ auftretenden Ionen identisch mit jenen Partikelchen sind, welche die von Elster und Geitel gefundenen Erscheinungen in der freien Atmosphäre bedingen.

Um weiteren Aufschluss in diesen für das ganze Problem der atmosphärischen Elektrizität so wichtigen Fragen zu erhalten, war es vor allem nötig einen Ueberblick über die räumliche Verteilung der Ionen in dem Luftocean im allgemeinen zu gewinnen. Elster und Geitel fanden schon das bedeutsame Resultat, dass die Zerstreuungsgeschwindigkeit mit der Erhebung in der Atmosphäre zunimmt. Die Beobachtungen auf Bergen werden aber durch die negative Eigenladung des Erdkörpers erheblich gestört. Die Erhebungen wirken wie Spitzen und sammeln um sich einen Ueberschuss an positiv geladenen Ionen an, so dass eine unipolare Leitfähigkeit der angrenzenden Luftmassen eintritt; die Ladung eines negativ elektrisierten, isolierten Conductors wird schneller neutralisiert, als eine gleich grosse entgegengesetzten Vorzeichens. Es musste daher von Interesse sein, die Verhältnisse im freien Luftmeere kennen zu lernen und hier bietet sich der Luftballon als vortreffliches Hilfsmittel dar.

Ich habe von München aus zwei Fahrten mit dem Freiballon für Zerstreuungsmessungen in höheren Schichten unter-

¹⁾ Ph. Lenard, Ueber Wirkungen des ultravioletten Lichtes auf gasförmige Körper; Ann. d. Phys. 1, S. 486. und: Ueber die Elektrizitätszerstreuung in ultraviolett durchstrahlter Luft; Ann. d. Phys. 3, S. 298, 1900.

nommen, eine Sommerfahrt und eine Winterfahrt, also bei möglichst verschiedener allgemeiner Wetterlage und voraussichtlich auch verschiedenem elektrischen Zustande der Atmosphäre. Bei beiden Fahrten übernahm Herr Dr. Robert Emden die Ballonführung; die Fahrten fanden mit dem von der k. bayerischen Akademie der Wissenschaften dem Münchener Verein für Luftschiffahrt geschenkten Kugelballon „Akademie“ von 1300 cbm Inhalt von dem Platze der k. Militär-Luftschifferabteilung aus statt; sowohl bei den Vorarbeiten wie bei den Auffahrten selbst hatte ich mich des regsten Interesses und des Beistandes der Herren Offiziere der genannten Abteilung zu erfreuen, insbesondere von Seiten des Kommandeurs der Abteilung, des Herrn Hauptmann Weber, sowie der Herren Oberleutnants Casella und Dietel. Allen den genannten Herren spreche ich auch an dieser Stelle meinen wärmsten Dank aus.

Erste Fahrt am 30. Juni 1900.

Diese Fahrt war mehr eine allgemeine Orientierungsfahrt, bei der ausser dem luftelektrischen Apparate auch magnetische Instrumente mitgenommen wurden. Der Zerstreuungsapparat war nach Art des von Elster und Geitel beschriebenen zusammengesetzt. Es wurde besonderes Augenmerk darauf gerichtet, wie sich mit diesem Apparate im Ballon arbeiten lasse, welches die beste Art seiner Aufstellung sei, ob sich eine Eigenladung des Ballons bemerkbar mache, ob ferner die gleiche Genauigkeit wie bei festem Standorte erreicht werden könne, und ob sich endlich die Konstanten des Apparates bei der Fahrt merklich änderten.

Vor der Fahrt wurden Messungen am Aufstiegplatze in der Nähe des Ballons angestellt.

Der Aufstieg erfolgte bei klarem sonnigen Wetter um 8^h 55^m früh mit mässig starkem Auftrieb. Erst als 2¹/₂ Sack Ballast ausgegeben wurden, stiegen wir auf 1000 m Meereshöhe, d. i. ca. 500 m über dem Boden, in welcher Höhe der Ballon ca. eine Stunde lang, fast ruhig über der nächsten Umgebung

Münchens stehend, erhalten werden konnte. Zunächst wurden ausschliesslich magnetische Messungen angestellt, über welche bei anderer Gelegenheit berichtet werden soll.

Gegen 10^h erreichten wir 1600 m, fielen aber stark, da wir in den Schatten einer Cumuluswolke geriethen. Nach Bremsung des Falles erhoben wir uns schnell auf 2000 m, gegen 11^h war 2600 erreicht und dann erhielt der Führer den Ballon längere Zeit in Höhen zwischen 2600 und 2900 m, was für die Anstellung der Beobachtungen sehr günstig war.

Die luftelektrischen Zerstreuungsmessungen konnten erst von 12^h an in Angriff genommen werden, als der Ballon auf der grössten bei dieser Fahrt erreichten Höhe von 2920 m angelangt war; er trieb dabei langsam über Erding nach Wartenberg zu, am Ostrande des Erdiuger Moores im Osten der Isar zwischen München und Landshut dahin. Intensive, brennende Sommersonne lag auf dem Ballon.

Die Zerstreuungsversuche wurden daher mit Schutzdach ausgeführt, unter mehrmaligem Zeichenwechsel. Die Montierung des Instrumentes war nach Vorversuchen in der Weise bewerkstelligt worden, dass an dem Füllansatz des Ballons eine Schnur befestigt war, an der unten ein runder Holzdeckel in der Mitte befestigt wurde. Von den Rändern desselben gingen drei Schnüre herunter zu einem Fussbrett, auf welches das Instrument gesetzt wurde. Es hing auf diese Weise innerhalb der Gondel, etwa in Augenhöhe. Das Aufhängen an den drei Schnüren gab dem Ganzen noch nicht die gewünschte Stabilität; bei der zweiten Fahrt wurden daher mit grösserem Vorteil feste Verbindungen durch dünne Messingstangen zwischen den beiden Holzscheiben angewendet und das Instrument auf dem unteren Brette festgeschraubt. Die Aufhängung am Füllansatz hat sich im Ganzen bewährt. Nur wenn der Ballon viel an Gas verloren hat und bei starkem Fallen sich seine untere Hälfte einbauscht, ist diese Aufhängung keine ruhige mehr. Lästig ist freilich, dass man namentlich im Anfange oft die Schnur verlängern muss, da der Ballon sich immer mehr aufbläht und der Füllansatz dadurch in die Höhe steigt. Es soll

daher bei einer dritten, bereits geplanten Fahrt der Versuch gemacht werden, aussen am Korbrande ein Tischchen zu befestigen, auf dem der Apparat dann aufgestellt werden soll. Durch die Aufstellung ausserhalb der Gondel hoffe ich eine noch stabilere Montierung zu erzielen. Ausserdem stört dann der Apparat das freie Hantieren in der Gondel nicht mehr.

Schon als die Messungen begannen, hatten sich an den verschiedensten Punkten gewaltige Cumuluswolken von der Hochebene aus erhoben, die mit ihren Köpfen bis in unsere Höhe heraufreichten. Es ist klar, dass in diesen direkt vom Boden aufsteigenden Luftmassen nicht wesentlich andere Jonenmengen erwartet werden konnten, wie am Boden selbst. Ausserdem hatte aber durch die Vertikalströmungen eine sehr intensive Mischung der verschiedenen Luftarten stattgefunden. Es kann daher nicht Wunder nehmen, dass bei diesem labilen Zustande der Atmosphäre die Leitfähigkeit der Luft in der Höhe nicht mehr unipolar, sondern innerhalb der Fehlergrenzen für beide Vorzeichen gleich gross war.

Dieses Beispiel lehrt recht augenfällig, dass es unmöglich ist, ein für alle Witterungslagen passendes Gesetz über die Verteilung der Luftelektricität mit der Höhe auffinden zu wollen. Die Atmosphäre ist kein ruhendes und kein einheitliches Gebilde. Luftschichten der verschiedensten Herkunft und Beschaffenheit lagern sich übereinander; auf- und absteigende Luftströme ändern die Eigenschaften der in derselben Höhe nebeneinander liegenden Luftmassen. Dementsprechend muss der jeweilige elektrische Zustand, den wir in der Höhe antreffen, ein sehr verschiedener sein.

Bei unserer Fahrt drangen wir auch verschiedene Male in die Köpfe von Cumulussäulen selbst ein; daselbst befand sich der Wasserdampf der Luft am Kondensationspunkt, wie auch das Assmann'sche Aspirationspsychrometer bestätigte. In diesem Falle war das Zerstreuungsvermögen nur noch $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{4}$ von dem normalen, ganz in Uebereinstimmung mit dem von Elster und Geitel angestellten Versuche, dem zu Folge die Jonen

in ihrer Beweglichkeit lahm gelegt werden, sowie sie sich als Kondensationskerne mit grösseren Massen von kondensiertem Wasser beladen. Die Neutralisation einer bestimmten Ladung auf dem Zerstreuungskörper muss eben um so schneller erfolgen, einmal je mehr Ionen von entgegengesetztem Zeichen überhaupt pro Cubikmeter Luft vorhanden sind, und zweitens, je leichter sie beweglich sind.

Um 1^h 20^m mussten wir uns zur Landung fertig machen, da der Ballon rapid sank und kein weiterer Ballast mehr geopfert werden durfte. Die Landung erfolgte 1^h 43^m bei Ruhmannsdorf, ca. 12 km ostnordöstlich von Landshut. Unmittelbar nach derselben wurden am Landungsplatze noch mehrere Messungen angestellt; es zeigte sich, dass die Konstanten des Apparates und vor Allem der Isolationszustand des Instrumentes keinerlei Veränderungen erfahren hatten. Ziemlich grosse Beträge der Zerstreuung wurden beobachtet, die mit tägliche Junisonne hatte die Atmosphäre kräftig durchstrahlt. Das erhaltene Zahlenmaterial lässt das Grösser- oder Kleinerwerden oder das Konstantbleiben der Zerstreuung sehr deutlich erkennen; aber die Zahlen selbst sind mit den später gewonnenen nicht direkt vergleichbar, weil das bei der ersten Fahrt benutzte Elektroskop nicht genügend isolierte, so dass das Korrektionsglied einen grösseren Betrag erhielt, als dass man noch das vollkommene Zutreffen der bei seiner Ableitung gemachten Voraussetzungen für gewährleistet halten konnte. Das Elektroskop war leider nicht von Herrn O. Günther in Braunschweig, den die Herren Elster und Geitel empfehlen, und dessen Elektroskope wundervoll isolieren, sondern von einer anderen Firma bezogen worden, deren Fabrikat nicht annähernd mit den Originalapparaten von Herrn Günther konkurrieren kann. Aus diesem Grunde verzichte ich auf eine detaillierte Mitteilung des bei dieser ersten Fahrt erhaltenen Zahlenmaterials.

Zweite Fahrt am 10. November 1900.

Nachdem die erste Fahrt gezeigt hatte, dass man mit der neuen Methode sehr wohl luftelektrische Messungen im Freiballon anstellen kann, dass die Instrumente sich durch die Fahrt selbst nicht ändern, und nachdem eine Reihe von Erfahrungen gesammelt und die Vorversuche als abgeschlossen anzusehen waren, wurde die zweite Fahrt zu dem ganz speziellen Zwecke der Messung der Zerstreuungskoeffizienten in verschiedenen Höhen unternommen. Ausser den zur Bestimmung der meteorologischen Daten nöthigen Instrumenten (Fahr-Aneroid, Bohner'sches Aneroid, Assmann'sches Aspirationspsychrometer, welche Herr Dr. Emden regelmässig ablas) wurde nur noch ein Glasapparat zur Entnahme einer Luftprobe in der Höhe und der mit neuem Elektroskop von O. Günther ausgerüstete Zerstreuungsapparat mitgenommen.

Um von vornherein auf eine ruhig geschichtete Atmosphäre ohne wesentliche Vertikalstörungen rechnen zu können, wurde eine Winterfahrt für diesen Zweck in Aussicht genommen.

Die allgemeine Witterungslage vor und an dem Fahrttage war, der k. bayerischen meteorologischen Zentralstation zu Folge, etwa die nachstehende: Am 8. November hatte sich ein tiefes Depressionszentrum, welches am vorhergehenden Tage über den britischen Inseln gelegen hatte, nach Norden verschoben, während über Zentral-Europa von Osten her hoher Druck an Raum gewann. Das Maximum mit mehr als 770 mm Druck lag an der unteren Donau und über Südwest-Russland. Auf der bayerischen Hochebene lag am Morgen Nebel, der sich aber gegen 10 Uhr Vormittags über München lichtete und hellem, sonnigem Wetter Platz machte; von den Höhenstationen, namentlich von der Zugspitze her, war klarer Himmel signalisiert worden. Am 9. November hatte sich das nördliche Minimum weiter nordöstlich verschoben, das barometrische Maximum hatte sich über dem Südosten des Erdtheiles erhalten; von ihm aus erstreckte sich eine Zone relativ hohen Druckes

westwärts durch den Kontinent bis zum Biscayasee. In München stieg das Barometer fortwährend, das Wetter war heiter und mild. Die meteorologischen Bedingungen schienen daher für die Fahrt günstig zu liegen; ein weiteres Aufschieben derselben erschien nicht ratsam, weil das Heranziehen eines neuen Minimums vom Ocean her signalisiert war, und ein zweites Depressionsgebiet sich mittlerweile über dem Mittelmeerbecken auszubilden begann. Daher wurde die Fahrt für den folgenden Tag, den 10. November, festgesetzt. Die an die allgemeine Witterungslage geknüpften Erwartungen haben sich im allgemeinen bestätigt. Die Fahrt fand innerhalb eines Rückens relativ hohen Luftdruckes statt, zwischen der nördlichen Depression, welche sich am Tage der Fahrt in Folge eines Zuzuges vom Ocean her erheblich vertiefte, und dem südlich von den Alpen sich entwickelnden Minimum.

Schon an den Tagen vor der Auffahrt waren die luftelektrischen Verhältnisse genauer verfolgt worden; es hatten sich Zerstreuungskoeffizienten von ca. 0,3—0,6 % für die positiven Ladungen, von 0,6—0,9 % für die negativen auf dem Dache des Polytechnikums ergeben, freilich mit nicht geringen Schwankungen mit der Tageszeit und der Luftklarheit. Am 9. November wurden die folgenden Werte von Herrn Ingenieur Lutz erhalten:

München, 9. November 1900.

9h 20m —	35 a. m.	$E_+ = 1,71$	$\alpha_+ = 0,52 \%$	} $q = 1,38$
9h 40m —	55	$E_- = 2,34$	$\alpha_- = 0,72 \%$	
11h 40m —	55	$E_+ = 2,81$	$\alpha_+ = 0,87 \%$	} $q = 0,50$
12h 00m —	15 p. m.	$E_- = 1,42$	$\alpha_- = 0,44 \%$	
4h 25m —	40	$E_+ = 4,37$	$\alpha_+ = 1,34 \%$	} $q = 0,36$
4h 45m —	5h 00	$E_- = 1,57$	$\alpha_- = 0,49 \%$	

Hier bezeichnet, wie bei Elster und Geitel, E die an dem Zerstreuungskörper in der Zeiteinheit (15 Minuten) neutralisierte Elektrizitätsmenge, mittels des Coulomb'schen Zerstreuungsgesetzes auf den Fall bezogen, dass der Körper dauernd auf dem Potentialniveau von 1 Volt erhalten würde (die Verluste durch Unvollkommenheit der Isolation sind schon

in Abrechnung gebracht). Aus diesen E werden die Grössen a durch Division durch $15 \cdot 0,4343 \cdot (1 - n)$ erhalten, wo n das Verhältniss der Capacität des Elektroskopes allein zu der Capacität des aus diesem und dem Zerstreuungskörper bestehenden System ist; bei dem benutzten Instrumente war $n = 0,5$, und der genannte Divisor $= 3,26$.

Diese Zahlen a geben die in der Minute am Zerstreuungskörper neutralisierte Elektrizitätsmenge, ausgedrückt in Prozenten der ursprünglichen Ladung, unabhängig von der Grösse dieses Körpers und gleichgiltig, bis zu welchen Spannungen er geladen wurde, letzteres freilich genau nur so lange, als das Coulomb'sche Zerstreuungsgesetz gilt, vergl. weiter unten. Diese Zahlen sind also direkt mit den an anderen Apparaten erhaltenen vergleichbar.

Endlich ist $q = a_- / a_+$.

Man sieht, dass am Morgen bei leichtem Nebel und schwachem Wind aus NO. sehr geringe Zerstreuungen und ein Ueberwiegen der — Zerstreuung, wie es der normale Fall bei exponirten Punkten an der negativ geladenen Erdoberfläche ist, stattfand. Gegen Mittag wurde bei fortschreitendem Klarwerden der Luft die + Zerstreuung grösser, die Entladungsgeschwindigkeit für die — Ladung ging zurück, so dass $q < 1$ wurde.

Es herrschte fast vollkommene Windstille. Am Nachmittag erhob sich wieder schwacher NO.-Wind, die + Zerstreuung war noch grösser im Vergleich zur negativen.

Am Fahrttage selbst war früh um 6^h der Himmel noch völlig klar; gegen 7^h bildete sich aber plötzlich ein dichter Nebel, von dem freilich zu vermuthen war, dass er nur eine wenig mächtige, dem Boden unmittelbar anliegende Schicht bilde.

Es wurde zunächst auf dem Exerzierplatze der Luftschiffer-Abteilung trotz des eingetretenen dichten Nebels eine Zerstreuungsmessung für + Ladung angestellt. Sie ergab sich zwischen 7^h 47^m und 8^h 4^m zu nur $E_+ = 0,93$ ($a_+ = 0,29\%$) ganz entsprechend der schon früher festgestellten Thatsache, dass im Nebel die Zerstreuung stark herabgesetzt wird. Bei

dieser Messung bedeckte sich das Elektroskop sowie der Zerstreuungskörper schliesslich mit einem dichten Thauüberzuge; doch hat sich die Konstruktion des Elektroskopes trefflich bewährt, indem die Isolation selbst unter so ungünstigen Bedingungen nicht litt.

Ich hielt es für wünschenswert, wenigstens einen orientierenden Versuch bei dieser Gelegenheit darüber anzustellen, wie der herangeführte Ballon auf den Zerstreuungskörper wirkt. Ich stellte daher den Zerstreuungsapparat auf einen Wagen ca. 1 m über dem Boden an einer Stelle auf, an der der Ballon auf seinem Wege vom Ballonhaus bis zur Gondel dicht vorüber geleitet werden konnte. Natürlich war es dazu nötig, das Schutzdach abzunehmen. Als aber der Zerstreuungskörper + geladen wurde, sank der Blättchenausschlag trotz des allerdings schwachen Windes und der fortschreitenden Betauung nicht, sondern nahm im Gegenteil zu, in vier Minuten einem Ansteigen des Potentials von 220 auf 228 entsprechend. Also wurde entweder freie positive Ladung aus dem Nebel auf den Zerstreuungskörper übertragen, oder aber das Instrument war starken Influenzwirkungen von oben her ausgesetzt. Das Elektroskop wurde also negativ bis zu -222 Volt geladen. Ein Ueberschieben des Daches verminderte den Ausschlag, weil die Kapazität des Systems dadurch vermehrt wurde, ebenso das Annähern von grösseren mit dem Boden verbundenen leitenden Massen. Als der Ballon vorübergeführt wurde, spreizten die geladenen Blättchen weiter auseinander und schlugen in dem Momente, als die Ballonkugel dem Zerstreuungskörper am nächsten gekommen war, gegen die Schutzplatten, so dass das Elektroskop sich vollständig entlud. Hier-nach würde sich der Ballon wie ein negativ geladener Körper verhalten. Die Beobachtung bedarf indessen der Bestätigung bei günstigeren atmosphärischen Bedingungen. Bekannt ist ja, dass andere Beobachter, z. B. Tuma¹⁾, der mit drei Tropfen-

¹⁾ J. Tuma, Beiträge zur Kenntnis der atmosphärischen Elektrizität III. Luftelektricitätsmessungen im Luftballon. Sitz.-Ber. d. Wiener Akad. math.-phys. Cl., Abteil. IIa, p. 227, 1899.

collectoren in verschiedener Höhe und zwei Elektroskopen, einem Vorschlage Börnstains¹⁾ folgend, arbeitete, keine Ballonladung nachweisen konnte. Sollte der Ballon im vorliegenden Falle wirklich negativ geladen gewesen sein, so müssen wir annehmen, dass sich seine Ladung sehr bald zerstreut haben wird, namentlich unter Bedingungen wie bei unserer Fahrt, bei der der Ballon in wenigen Minuten in die intensivste Bestrahlung durch die Sonne geriet. Immerhin erschien es sicherer, auch im Ballon mit dem Schutzdach zu arbeiten, wodurch zugleich die Anordnung vollkommen derjenigen analog wurde, welche bei den Beobachtungen auf der Erde Verwendung fand. Freilich erhält man dann bei der relativen Ruhe der unmittelbar umgebenden Luftmassen gegen den Ballon und Alles, was dieser mit sich führt, kleinere Werthe für die Zerstreuung, vergl. weiter unten.

Um 8^h 19^m erfolgte der Aufstieg mit starkem Auftrieb; in kürzester Zeit hatten wir die Nebelschicht durchstossen und befanden uns schon in 700 m Meereshöhe (200 m über dem Boden) in glänzendstem Sonnenlichte unter tiefblauem Himmel, an dem nur einige zarte Cirruswolken standen. Die ganze Hochebene war mit einem dichten, wogenden, silberglänzenden Nebelmeere überdeckt, aus dem sich auf der einen Seite die gewaltige, schneebedeckte Kette der Alpen in ihrer ganzen Erstreckung in überraschender Deutlichkeit heraushob; auf der anderen Seite brandete das Nebelmeer gegen die schwarzen Rücken des bayerischen Waldes und Böhmerwaldes.

Wir haben uns bei der Fahrt am 10. November im Ganzen innerhalb dreier verschiedener Luftschichten bewegt, welche sich sowohl durch ihren Wasserdampfgehalt, als auch durch ihre Strömungsrichtung und Strömungsgeschwindigkeit deutlich von einander unterschieden. Die in derselben angestellten Messungen werden daher zweckmässig auch gesondert von einander behandelt.

¹⁾ R. Börnstain, Elektrische Beobachtungen bei Luftfahrten unter Einfluss der Ballonladung. Wied. Ann. 62, p. 680, 1897.

1. Luftschicht: vom Boden bis ca. 1200—1300 m.

Die Luftschicht, in die wir nach dem Passieren der Nebelschicht eindringen, war der Bodenschicht noch am ähnlichsten beschaffen.

Leider wurde an diesem Tage die Nebelschicht am Boden nicht durch die einfallende, in unserer Höhe brennende Sonnenstrahlung aufgelöst. Daher sind die zur gleichen Zeit am Boden angestellten Beobachtungen nicht mit den Ballonbeobachtungen direkt vergleichbar. Herr Direktor Dr. Erk hatte die Liebenswürdigkeit, an der meteorologischen Zentralstation stündliche Bestimmungen des Barometerstandes, der Temperatur, der relativen Feuchtigkeit, des Dunstdruckes, der Niederschlagsmenge, der Windrichtung und -stärke, sowie der Bewölkung von früh 7^h bis abends 8^h am Fahrttage anstellen zu lassen. Herr Ingenieur C. Lutz hat für diesen Tag gleichzeitig den Zerstreuungskoeffizienten auf der Attika des Mittelbaues der technischen Hochschule abwechselnd für beide Vorzeichen mit einem mit dem im Ballon benutzten genau verglichenen Instrumente angestellt. Ich glaube indessen auf die Mitteilung dieses an sich wertvollen Beobachtungsmateriales an dieser Stelle verzichten zu sollen, da die Bedingungen unterhalb und oberhalb der Nebelschicht viel zu ungleich waren, um irgend welche Schlüsse zu gestatten. Es sei nur bemerkt, dass der Barometerstand während der Dauer unserer Fahrt in München fortwährend im Sinken begriffen war und der Feuchtigkeitsgehalt der Luft nahe am Sättigungspunkte sich erhielt; der Zug der Nebelmassen wurde um 11^h als aus Osten kommend notiert.

Diese erste Schicht passierten wir rasch, da uns hauptsächlich an der Durchforschung der höheren Schichten lag; Zerstreuungsmessungen wurden in ihr nicht angestellt, da der Apparat zunächst montiert, die Orientierung im Terrain vorgenommen und die Fahrtrichtung festgestellt werden mussten.

2. Luftschicht: von 1240—3000 m.

Wir stiegen rasch an und kamen um 8^h 30^m schon in einer Höhe von 1240 m offenbar in eine anders geartete

Luftschicht, wie die Angaben der Temperatur, der relativen Feuchtigkeit, und namentlich das aus ihnen nachher berechnete Mischungsverhältnis zwischen trockener Luft und Wasserdampf deutlich zu erkennen geben. Herr Dr. Emden, der das aus ca. 60 zusammengehörigen Ablesungen der beiden Thermometer, des Psychrometers und des Aneroides bestehende, reiche metereologische Beobachtungsmaterial einer eingehenden Diskussion unterworfen hat, wird das Gesagte an einer anderen Stelle demnächst noch näher begründen.

Unter dem Mischungsverhältnis ist hier das Gewicht des Wasserdampfes in Kilogrammen, welches auf 1 kg der denselben enthaltenden trockenen Luft kommt, verstanden. Diese Zahl gibt eine den Feuchtigkeitsgehalt der Luft besser als die relative Feuchtigkeit oder der Dunstdruck charakterisierende Grösse an, da sie sich bei allen Zustandsänderungen nicht wie jene Zahlen mit ändert, solange keine Kondensation eintritt. In dieser neuen Luftschicht, welche durch angenähert adiabatische Temperaturabnahme mit der Höhe und ein konstantes Mischungsverhältnis von 0,0024 kg Wasserdampf pro Kilogramm trockener Luft ausgezeichnet war, erhielten wir uns bis 11^h, langsam bis zu 3000 m ansteigend. Aus Geräuschen (z. B. Pfeifen von Lokomotiven) sowie durch Einvisieren gegen das Gebirge hin konnten wir trotz des dichten Bodennebels mit Sicherheit konstatieren, dass wir uns in einer fast ruhenden Luftschicht befanden, die uns nur ganz langsam nach Osten weiter führte.

Um zunächst festzustellen, welchen Einfluss das Schutzdach auf die Entladungsgeschwindigkeit hat, wurde 8^h 47^m bis 8^h 52^m in ca. 1800 m Höhe zunächst ohne Schutzdach gemessen und $E_+ = 9,95$ gefunden. Unmittelbar darauf von 8^h 56^m bis 9^h 11^m wurde in nur wenig grösserer Höhe von ca. 1950 m mit Schutzdach $E_+ = 3,79$ beobachtet, wobei natürlich alles auf die Zeiteinheit von 15^m umgerechnet ist.

Man sieht also, dass das Schutzdach, welches den freien Luftzutritt beeinträchtigt, freilich die Zerstreuungsgeschwindigkeit stark herabsetzt. Immerhin werden selbst im Ballon Werte

erhalten, welche sehr gut messbar sind. Absolut ruhig ist die Luft ja auch am Ballon nicht, da bei jeder Vertikalbewegung mehr oder weniger starker Vertikalwind sich entwickelt, welcher die mit den Ionen beladene Luft mit hinreichender Relativgeschwindigkeit an dem Zerstreuungskörper vorüberführt. Da mit Schutzdach genügend grosse Zerstreuungswerte auch im Ballon erhalten werden, möchte ich nicht raten, sich darauf zu verlassen, dass das den innerhalb der Gondel hängenden Apparat umgebende Tau- und Strickwerk denselben genügend vor elektrostatischen Einwirkungen schützt.

Das Arbeiten mit Schutzdach bewahrt zugleich vor lichtelektrischen Einflüssen bei der in der Höhe viel intensiveren Sonnenstrahlung.

Zeit	Höhe	Temperatur	Relative Feuchtigkeit	Mischungsverhältnis
8h 56m — 9h 11m	1975 m	+ 4,2° C.	38 ‰	0,0024
9h 15m — 9h 26m	2160 „	+ 2,7° „	38 ‰	0,0034
9h 26m — 9h 43m	2275 „	+ 1,7° „	44 ‰	0,0024
9h 45m — 10h 00m	2420 „	+ 0,5° „	47 ‰	0,0024
10h 18m — 10h 33m	2890 „	— 3,8° „	55 ‰	0,0022
10h 38m — 10h 53m	2965 „	— 4,7° „	56 ‰	0,0022

Dagegen möchte ich bei der nächsten Fahrt den Versuch machen, die Zerstreuungsgeschwindigkeit durch einen weitmaschigen gleichnamig geladenen Fangkäfig aus Draht zu steigern, entsprechend dem bekannten Versuche von Elster und Geitel. Dieser Käfig würde den namentlich bei Hochfahrten, bei denen man die Luftschichten schnell wechselt, nicht zu unterschätzenden Vorteil gewähren, dass man in kurzer Zeit viele Einzelmessungen anstellen kann.

Um 8h 56m, also 37 Minuten nach dem Verlassen des Erdbodens, begannen die eigentlichen Messungen der Elektrizitätszerstreuung in der Luft; wir konnten annehmen, dass in dieser Zeit sich eventuell vorhanden gewesene Ladungen

am Ballon und dem Korbe genügend zerstreut hatten, und das aus den folgenden Zahlen ersichtliche Ueberwiegen der negativen Zerstreuungsgeschwindigkeit auch für das freie Luftmeer in unserer Höhe gelte. Da während der Fahrt das Netzwerk keine Verschiebungen gegen die Ballonhülle erleidet, ist auch das Auftreten von reibungselektrischen Spannungen nicht wahrscheinlich.

Die folgenden Zahlen wurden in der bis ca. 3000 m reichenden Luftschicht mit dem nahezu constanten Mischungsverhältnis 0,0024 erhalten:

In dieser Tabelle ist die angegebene Höhe der Mittelwert aus den Einzelhöhenwerten, welche zu den Zeiten gehören, innerhalb derer die Ladungszerstreuung stattfand. Diesen Mittel-

Spannungen	Spannungs- abnahme pro 15 Minuten			
214—196	18 Volt	$E_+ = 3,79$	$a_+ = 1,16\%$	} $q = 1,81$
192—171	29 "	$E_- = 6,84$	$a_- = 2,10\%$	
222—187	35 "	$E_- = 7,44$	$a_- = 2,29\%$	} $q = 1,28$
221—193	28 "	$E_+ = 5,86$	$a_+ = 1,79\%$	
225—206	19 "	$E_+ = 3,81$	$a_+ = 1,17\%$	} $q = 1,40$
224—198	26 "	$E_- = 5,33$	$a_- = 1,63\%$	

höhen entsprechend sind Temperatur, prozentuale Feuchtigkeit und Mischungsverhältnis aus Kurven entnommen, welche die betreffende Grösse als Funktion der Höhe darstellen. Die angegebenen Spannungen sind die am Anfange und am Ende der Beobachtungszeit aus der Aichkurve entnommenen Voltzahlen; die Spannungsabnahme ist der Differenz dieser Zahlen gleich, wenn die Beobachtungszeit 15 Minuten betrug; sonst ist sie auf diese Zeit reduziert unter der allerdings nicht ganz zutreffenden Annahme, dass die Spannung mit der Zeit proportional abnimmt.

Entsprechend der gleichförmigen Beschaffenheit der Luftschicht liegen die a -Werte ziemlich nahe bei einander. Neben

die Vormittagswerte, die an klaren Tagen am Boden vor und nach der Fahrt erhalten wurden (vgl. z. B. die S. 518 angeführten Zahlen), gehalten, zeigen sie Folgendes: Die Zerstreuungsgeschwindigkeit ist in der Höhe von 1800 bis 3000 m unzweifelhaft grösser als am Boden. Dabei ergibt sich etwa dasselbe Verhältnis für die Entladungsgeschwindigkeiten der beiden Elektrizitätsarten wie unten, eine negative Ladung wird etwa 1,5 mal schneller entladen wie eine positive. Bis zu diesen Höhen hinauf muss also am genannten Tage ein Ueberwiegen der Anzahl der freien + Ionen angenommen werden. Da diese sich langsamer bewegen als die — Ionen, so muss thatsächlich das Verhältnis der Anzahl der + Ionen gegenüber der Zahl der — Ionen im Cubikmeter noch grösser als 1,5 gewesen sein.

Wir haben also die auch schon auf Grund anderer Erscheinungen vermutete¹⁾, positiv geladene Schicht, der ein abnehmendes negatives Potentialgefälle entsprechen würde, in einer Erstreckung bis zu 3000 m Höhe durch Einfangen der Ionen selbst nachgewiesen.

Da uns das für diese Höschicht erlangte Zahlenmaterial zunächst ausreichend erschien, fassten wir um 10^h 53^m den Entschluss, höher hinauf zu gehen. Der Führer gab eine grössere Menge von Ballast aus, mit der er bis dahin sehr sorgsam Haus gehalten hatte. Da wir darauf gefasst sein mussten, bei der erfolgenden schnellen Erhebung Luftschichten von rasch wechselndem Verhalten zu durchqueren, also Messwerte zu erhalten, welchen keine genau vergleichbare Bedeutung zuzuschreiben war, benutzte ich die Zeit, um nochmals ohne Schutzdach zu messen. Ich erhielt für negative Ladung die enorme Zerstreuung $E = 19,24$. Ob sich trotz der Schwärzung des messingenen Zerstreuungskörpers unter dem Einflusse der intensiven Sonnenstrahlung hier doch vielleicht noch lichtelektrische Einflüsse mit geltend gemacht haben, wage ich nicht zu entscheiden.

¹⁾ Vergl. z. B. Sv. Arrhenius, Ueber die Ursache der Nordlichter, Physikal. Zeitschrift 1, S. 102, 1900.

3. Luftschicht: über 3000 m.

Um 11^h machte Herr Dr. Emden auf Grund seiner Ablesungen die Bemerkung, wir seien in andere meteorologische Bedingungen eingetreten. Diese Vermutung haben die reduzierten Beobachtungen bestätigt; wir traten um diese Zeit oberhalb 3000 m in eine viel stärker bewegte Luftschicht ein, die uns nach Norden abtrieb. Aus den unten folgenden Zahlen ist ersichtlich, dass sie sich vor Allem durch grössere Trockenheit auszeichnete. Denn das Mischungsverhältnis sank beim Eintreten in die neue Schicht plötzlich von 0,0022 auf 0,0014 kg, welchen Wert es in dieser dritten Schicht constant beibehielt. Damit steht im Einklange, dass auch das Zerstreuungsvermögen erheblich gesteigert war, und zwar für beide Vorzeichen.

Die nachstehenden Zahlen lehren Folgendes:

In der über 3000 m angetroffenen, der Durchstrahlung stärker ausgesetzten trockeneren, höheren Schicht war das Leitvermögen der Luft erheblich gesteigert und erreichte Werte, welche die zur gleichen Jahreszeit an klaren Tagen erreichten Maximalentladungsgeschwindigkeiten am Boden um das Drei- bis Vierfache übertrafen. Dabei war das Verhältnis der Zerstreuungskoeffizienten für beide Jonenarten nahezu das gleiche (q Mittel = 1,02) geworden.

In dieser Schicht wurden die Messungen nicht mehr durch das unipolare Verhalten des Erdkörpers beeinflusst. Die Jonenzahl ist nach diesen Ergebnissen in dieser grösseren Höhe also unverkennbar erheblich grösser als unten. Die grössere Entladungsgeschwindigkeit kann freilich auch durch eine grössere Beweglichkeit der Jonen in der dünneren Luft zum Teil wenigstens mitbedingt sein.

Zwischen 12^h 30^m und 12^h 50^m erreichten wir die Maximalhöhe von 3870 m. Um 1^h waren wir wieder auf 3000 m gefallen, traten in die mittlere Luftschicht ein und senkten uns schnell gegen das Thal des Regen hinab.

die Vormittagswerte, die an klaren Tagen am Boden vor und nach der Fahrt erhalten wurden (vgl. z. B. die S. 518 angeführten Zahlen), gehalten, zeigen sie Folgendes: Die Zerstreuungsgeschwindigkeit ist in der Höhe von 1800 bis 3000 m unzweifelhaft grösser als am Boden. Dabei ergibt sich etwa dasselbe Verhältnis für die Entladungsgeschwindigkeiten der beiden Elektrizitätsarten wie unten, eine negative Ladung wird etwa 1,5 mal schneller entladen wie eine positive. Bis zu diesen Höhen hinauf muss also am genannten Tage ein Ueberwiegen der Anzahl der freien + Ionen angenommen werden. Da diese sich langsamer bewegen als die — Ionen, so muss thatsächlich das Verhältnis der Anzahl der + Ionen gegenüber der Zahl der — Ionen im Cubikmeter noch grösser als 1,5 gewesen sein.

Wir haben also die auch schon auf Grund anderer Erscheinungen vermutete¹⁾, positiv geladene Schicht, der ein abnehmendes negatives Potentialgefälle entsprechen würde, in einer Erstreckung bis zu 3000 m Höhe durch Einfangen der Ionen selbst nachgewiesen.

Da uns das für diese Höhenschicht erlangte Zahlenmaterial zunächst ausreichend erschien, fassten wir um 10^h 53^m den Entschluss, höher hinauf zu gehen. Der Führer gab eine grössere Menge von Ballast aus, mit der er bis dahin sehr sorgsam Haus gehalten hatte. Da wir darauf gefasst sein mussten, bei der erfolgenden schnellen Erhebung Luftschichten von rasch wechselndem Verhalten zu durchqueren, also Messwerte zu erhalten, welchen keine genau vergleichbare Bedeutung zuzuschreiben war, benutzte ich die Zeit, um nochmals ohne Schutzdach zu messen. Ich erhielt für negative Ladung die enorme Zerstreuung $E = 19,24$. Ob sich trotz der Schwärzung des messingenen Zerstreuungskörpers unter dem Einflusse der intensiven Sonnenstrahlung hier doch vielleicht noch lichtelektrische Einflüsse mit geltend gemacht haben, wage ich nicht zu entscheiden.

¹⁾ Vergl. z. B. Sv. Arrhenius, Ueber die Ursache der Nordlichter, Physikal. Zeitschrift 1, S. 102, 1900.

3. Luftschicht: über 3000 m.

Um 11^h machte Herr Dr. Emden auf Grund seiner Ablesungen die Bemerkung, wir seien in andere meteorologische Bedingungen eingetreten. Diese Vermutung haben die reduzierten Beobachtungen bestätigt; wir traten um diese Zeit oberhalb 3000 m in eine viel stärker bewegte Luftschicht ein, die uns nach Norden abtrieb. Aus den unten folgenden Zahlen ist ersichtlich, dass sie sich vor Allem durch grössere Trockenheit auszeichnete. Denn das Mischungsverhältnis sank beim Eintreten in die neue Schicht plötzlich von 0,0022 auf 0,0014 kg, welchen Wert es in dieser dritten Schicht constant beibehielt. Damit steht im Einklange, dass auch das Zerstreuungsvermögen erheblich gesteigert war, und zwar für beide Vorzeichen.

Die nachstehenden Zahlen lehren Folgendes:

In der über 3000 m angetroffenen, der Durchstrahlung stärker ausgesetzten trockeneren, höheren Schicht war das Leitvermögen der Luft erheblich gesteigert und erreichte Werte, welche die zur gleichen Jahreszeit an klaren Tagen erreichten Maximalentladungsgeschwindigkeiten am Boden um das Dreis- bis Vierfache übertrafen. Dabei war das Verhältnis der Zerstreuungskoeffizienten für beide Jonenarten nahezu das gleiche (q Mittel = 1,02) geworden.

In dieser Schicht wurden die Messungen nicht mehr durch das unipolare Verhalten des Erdkörpers beeinflusst. Die Jonenzahl ist nach diesen Ergebnissen in dieser grösseren Höhe also unverkennbar erheblich grösser als unten. Die grössere Entladungsgeschwindigkeit kann freilich auch durch eine grössere Beweglichkeit der Jonen in der dünneren Luft zum Teil wenigstens mitbedingt sein.

Zwischen 12^h 30^m und 12^h 50^m erreichten wir die Maximalhöhe von 3870 m. Um 1^h waren wir wieder auf 3000 m gefallen, traten in die mittlere Luftschicht ein und senkten uns schnell gegen das Thal des Regen hinab.

Zeit	Höhe	Temperatur	Relative Feuchtigkeit	Mischungsverhältnis
11 ^h 7 ^m — 11 ^h 22 ^m	3400 m	— 8,0° C.	40 ‰	0,0014
11 ^h 28 ^m — 11 ^h 43 ^m	3705 „	— 8,0° „	40 ‰	0,0014
12 ^h 10 ^m — 12 ^h 25 ^m	3710 „	— 8,0° „	40 ‰	0,0014
12 ^h 35 ^m — 12 ^h 50 ^m	3770 „	— 8,5° „	42 ‰	0,0014

Während wir rasch fielen, wurde von 12^h 58^m — 1^h 9^m noch die Entladungsgeschwindigkeit für + Ladung zwischen den Höhen 3200 und 1000 m gemessen und trotz der starken Vertikalbewegung nur $E_+ = 3,99$ erhalten, in Uebereinstimmung mit den geringeren Zerstreuungswerten, welche auch beim Aufstiege in den unteren Luftschichten erhalten wurden.

Die Landung erfolgte um 1^h 25^m bei der Nösslinger Mühle, nahe dem Dorfe Nössling bei Viechtach in Niederbayern, auf einer bewaldeten Höhe von ca. 700 m Meereshöhe, angesichts des Böhmer Wald-Gebirges.

Unmittelbar nach der Landung wurden wiederum Messungen auf einer Waldwiese am Landungsorte angestellt. Aus Gründen, welche ich noch nicht recht aufzuklären vermochte, ergaben sich auffallend grosse Entladungsgeschwindigkeiten. Eine von 10^h 4^m — 10^h 15^m im Ballon angestellte Isolationsprobe mit Schutzdach, aber ohne Zerstreuungskörper hatte bereits gezeigt, dass das Instrument nicht etwa durch die Betauung am Morgen gelitten hatte.

Um zu prüfen, ob sich auch bei der weiteren Fahrt, bei der Landung, und dem sich daran anschliessenden sehr mühevollen Transport durch das unwegsame Waldgebirge das Instrument unverändert erhalten habe, wurde noch in der auf die Fahrt unmittelbar folgenden Nacht eine Isolationsbestimmung vorgenommen und der Apparat zu diesem Zweck Abends 10^h 15^m positiv geladen. Der Ausschlag war 9,50 Skalenteile, einer Spannung von 225 Volt entsprechend. Am andern

Spannungen	Spannungs- abnahme pro 15 Minuten			
216—179	47 Volt	$E_+ = 8,14$	$a_+ = 2,50\%$	} $q = 1,10$
214—174	40 „	$E_- = 8,97$	$a_- = 2,75\%$	
208—169	39 „	$E_- = 9,00$	$a_- = 2,76\%$	} $q = 0,98$
211—169	42 „	$E_+ = 9,62$	$a_+ = 2,96\%$	

Morgen früh um 4^h 7^m war der Ausschlag der Blättchen nur um einen Skalenteil zurückgegangen, was einem Verluste von nur 7 Volt Spannung (von 225 auf 218) in der zwischenliegenden Zeit von fast 6 Stunden entspricht; der Elektroskopdeckel war dabei geschlossen.

Jene grossen Werte am Landungsplatze konnten also nicht Isolationsfehlern zugeschrieben werden, sondern hatten offenbar in rein lokalen Ursachen ihren Grund.

Nach der Rückkehr nach München wurde zur Prüfung der Konstanten geschritten, deren Endergebnis war, dass durch die Fahrt an dem benutzten Instrumente keinerlei, die Messungen merklich beeinflussende Aenderung eingetreten war.

Eines bemerkenswerten Umstandes soll hier noch gedacht werden, der sich bei allen Messungen, sowohl den am Boden, wie den im Ballon angestellten, zeigte:

Um bei den Beobachtungen selbst eine Kontrolle zu haben, wurden die Elektroskopausschläge ausser am Anfange und am Ende der Zerstreuungszeit noch in einem dazwischen liegenden Momente, meist genau in der Mitte beider Zeiten, also 7¹/₂ Minuten nach Beginn der Beobachtung notiert. Dabei hat sich in der überwiegenden Zahl von Fällen das Resultat ergeben, dass, wenn man die Zerstreuungskoeffizienten aus der Spannungsabnahme während der ersten 7¹/₂ Minuten und während der zweiten gleich langen Zeit berechnet, man nicht dieselben Zahlen erhält. Die zweiten Zahlen sind bis auf wenige Ausnahmen stets grösser als die ersten, d. h. der Elektrizitätsverlust,

in Prozenten der jedesmaligen Anfangsladung berechnet, wächst, wenn diese selbst abnimmt. Dagegen zeigt die gleichen Zeitintervallen entsprechende direkte Spannungsabnahme bei Weitem nicht so grosse Verschiedenheiten, wenn sie auch nicht vollkommen konstant ist. Dieses Verhalten ist unterdessen von Geitel auch an eingeschlossener Luft beobachtet worden. Dies weist auf die Thatsache hin, dass in gleichen Zeiten immer bestimmte Mengen freier Ionen gebildet werden. Aus der Luft bei der Neutralisation der Ladung eines isolierten Konduktors entnommene Ionen werden immer nur in der Masse regeneriert, dass der Luft ein durch Druck und Temperatur bestimmter Gehalt an freien Ionen zukommt. Im Freien kann die Erscheinung natürlich nicht so rein zum Ausdruck kommen, wie bei eingeschlossener Luft. Dass sie aber doch so deutlich ausgesprochen ist, dürfte immerhin bemerkenswert sein.

Ich möchte noch anführen, dass Lenard bei seinen Versuchen an der durch Bestrahlung mit ultraviolett Licht elektrisch leitend gemachten Luft etwas Aehnliches beobachtet hat;¹⁾ die in derselben entladene Elektrizitätsmenge wächst zwar mit der Spannung des geladenen Konduktors, aber langsamer wie diese, so dass bei niedrigeren Potentialen relativ grössere Elektrizitätsmengen neutralisiert werden, als dem Coulomb'schen Zerstreuungsgesetze entsprechen würde. Man nähert sich mit steigenden Spannungen gewissermassen einer Art Sättigungsgrenze, der Strom der herzufliehenden entladenen Ionen kann nicht über eine gewisse Grenze gesteigert werden.

Man hat hier ganz ähnliche Erscheinungen, wie sie J. J. Thomson und E. Rutherford in röntgenisierter Luft nachweisen.²⁾

¹⁾ Ph. Lenard, Ueber die Elektrizitätszerstreuung in ultraviolett durchstrahlter Luft. Ann. d. Phys. 3, S. 304, 1900.

²⁾ „Die Entladung der Elektrizität durch Gase“ von J. J. Thomson, deutsch von P. Ewers. 1900. Leipzig, J. A. Barth. S. 21 ff.

Resultate:

1. Luftelektrische Messungen nach der neuen von Elster und Geitel ausgearbeiteten Methode sind im Freiballon mit genügender Sicherheit und mit verhältnismässig geringer Mühe neben den sonst üblichen meteorologischen Beobachtungen ausführbar.

2. Bei der grossen Wichtigkeit der Zerstreuungsmessungen gerade in den höheren Schichten der Atmosphäre sowie bei den ganz neuen Gesichtspunkten, welche der Nachweis freier Ionen in der Atmosphäre in die ganze Lehre von der atmosphärischen Elektrizität gebracht hat, ist es dringend erwünscht, dass die Bestimmungen der relativen Ionenzahlen mit in das Programm einer grösseren Anzahl von wissenschaftlichen Luftfahrten aufgenommen werden.

3. Mit zunehmender Höhe ergibt sich auch unabhängig von der unipolaren Einwirkung des Erdkörpers, wie er sich besonders bei Bergbeobachtungen störend bemerklich macht, eine unzweifelhafte Zunahme der Zerstreuungsgeschwindigkeit.

4. Die unteren Luftschichten können sich bis hinauf zu 3000 m Höhe qualitativ insofern den dem Boden unmittelbar anliegenden ähnlich verhalten, als auch in ihnen im freien Luft- raume die — Ladungen schneller als die + zerstreut werden.

5. In grösseren Höhen scheint sich mit der Zunahme der absoluten Ionenzahl diese unipolare Leitfähigkeit mehr und mehr dahin auszugleichen, dass beide Ladungsarten etwa gleich schnell zerstreut werden.

6. Dabei findet das von Geitel für eingeschlossene Zimmer- luft nachgewiesene Verhalten auch für fast alle an den Ballon herantretenden Luftproben statt, dass der in Prozenten der jedesmaligen Anfangsladung berechnete Elektrizitätsverlust mit abnehmender Anfangsladung wächst.

7. Die Spannungsabnahme in gleichen Zeiten ist dagegen ungefähr konstant, dem Umstande entsprechend, dass verbrauchte Ionen auch in der freien Atmosphäre immer nur mit bestimmter Geschwindigkeit und in bestimmter Zahl zuwandern, sei es, dass

nur eine ganz begrenzte Zahl wirklich neugebildet wird, sei es, dass sie nur in bestimmter Menge gegen die Verbrauchsstelle heranwandern können.

8. Die Zunahme der Leitfähigkeit mit der Höhe findet nicht stetig etwa in der Weise statt, dass man hoffen dürfte, eine einfache Formel mit wenigen Konstanten aufstellen zu können, die für alle Fälle diese Zunahme mit der Höhe darzustellen vermöchte, sondern sprungweise; die speziellere physikalische Beschaffenheit der Luftschicht, in der man sich befindet, übt einen massgebenden Einfluss aus.

9. In trockener klarer Luft ist das Zerstreuungsvermögen in der Höhe gerade so wie am Erdboden gross; in dem Grade, wie der Wasserdampfgehalt zunimmt, und ganz besonders, wenn dieser sich dem Kondensationspunkte nähert, oder gar in Form feiner Nebelbläschen ausfällt, wird die Entladungsgeschwindigkeit für beide Zeichen erheblich herabgesetzt. —

Nach diesen Ergebnissen erscheint es im hohen Grade wünschenswert, mit Wasserstoffgasfüllung die über 4000 m liegenden Schichten der Atmosphäre auf ihr Zerstreuungsvermögen hin zu untersuchen. Hierdurch dürften sich Gesichtspunkte gewinnen lassen, welche für die Erklärung einer grossen Reihe von Erscheinungen von der grössten Bedeutung sind.
