

# Sitzungsberichte

der

mathematisch-physikalischen Classe

der

k. b. Akademie der Wissenschaften

zu München.

---

1901. Heft I.

---



München.

Verlag der k. Akademie

1901.

In Commission des G. Franz'schen Verlags (J. Neuberger)

## Weitere Messungen der elektrischen Zerstreung in grossen Höhen.

Von **Hermann Ebert.**

(*Bingelaufen 16. Februar.*)

Nachdem durch zwei Fahrten mit dem Freiballon<sup>1)</sup> nachgewiesen worden war, dass man mit der neuen von Elster und Geitel ausgearbeiteten Methode die Grösse der elektrischen Leitfähigkeit der Atmosphäre im Luftballon in grossen Höhen mit kaum minder grosser Sicherheit wie am Boden messen kann, war es bei der Wichtigkeit der Kenntnis des Jonengehaltes der oberen Schichten erwünscht, bei möglichst ruhig gelagerter Atmosphäre eine neue Messungsreihe anzustellen. Auf die hierzu nötigen meteorologischen Bedingungen ist bei uns nur während des Winters mit einiger Sicherheit zu rechnen und zwar dann, wenn sich ein stabiles barometrisches Maximum mit klarem, kaltem Frostwetter über dem Continente für längere Zeit erhält. Es wurde daher beschlossen eine neue, dritte Aufahrt bei der genannten Wetterlage zum Zwecke luftelektrischer Messungen vorzunehmen.

Bei dieser Fahrt, für welche die Mittel von dem Münchener Verein für Luftschiffahrt zur Verfügung gestellt wurden, und die wiederum Herr Dr. Robert Emden leitete, sollte ausserdem eine neue Aufstellart für das Instrument ausprobiert werden. Zu diesem Zwecke war am Gondelrande aussen ein kleines Tischchen durch übergreifende Metallbügel angehängt. Durch

<sup>1)</sup> Vergl. diese Berichte Bd. XXX, Heft III, p. 511, 1900.

die unteren äusseren Enden derselben gingen zwei grobgewindige Griffschrauben mit Platten an den dem Ballonkork zugekehrten Enden, so dass das Tischchen eingestellt werden konnte. Auf dasselbe wurde das Messinstrument mit allem Zubehör gesetzt. Diese Aufstellung hat sich als eine äusserst stabile und für das Beobachten sehr vorteilhafte bewährt. Endlich wurden bei dieser Fahrt auch Messungen mit einem das ganze Instrument umschliessenden, mit dem Zerstreuungskörper gleichnamig geladenen Fangkäfig angestellt, wodurch in den oberen Schichten sehr grosse Beträge der Zerstreuung erzielt wurden (bis zum 23-fachen der gleichzeitig am Boden gemessenen Zerstreuungen). Da nicht nur negative, sondern auch positive Ladungen mit wesentlich grösserer Geschwindigkeit bei Anwendung des Käfigs zerstreut wurden, so können Störungen durch direkte Bestrahlung des Zerstreuungskörpers (Hallwachs-Effekt) oder durch Ballonladungen nicht die Ursache dieser hohen Neutralisationsgeschwindigkeiten gewesen sein. Im Gegenteil erhält die von Elster und Geitel aufgestellte Ansicht, dass die Atmosphäre mit frei beweglichen elektrisch geladenen Partikelchen „Jonen“ erfüllt sei, eine neue Stütze durch diese Versuche mit dem Fangkäfig, welche zugleich zeigen, dass die Zahl und die Beweglichkeit dieser Teilchen in den höheren Schichten eine ausserordentlich grosse ist.

Während der ganzen, über fünf Stunden dauernden Fahrt wurden gleichzeitig nach einem genau verabredeten Plane in München Zerstreuungsmessungen von Herrn Ingenieur K. Lutz mit einem Instrumente vorgenommen, welches sowohl vor der Fahrt wie nach derselben mit dem im Ballon benutzten Instrumente verglichen worden war.

### **Dritte Fahrt am 17. Januar 1901.**

Schon am 13. Januar bedeckte nach Ausweis der Wetterkarte und des Wetterberichtes der k. b. meteorologischen Centralstation den grössten Teil Europas hoher gleichmässig verteilter Druck, während eine anscheinend über dem Ocean liegende

Depression sich mit ihrem vorderen Rande nur an der Westküste der britischen Inseln bemerkbar machte.

In den continentalen Lagen herrschte im Flachland meist nebliges Wetter; im südlichen Bayern reichte die Nebeldecke bis hart an den Rand der Voralpen heran. Dagegen meldeten alle Hochstationen übereinstimmend wolkenlosen Himmel und sehr reine Gebirgsaussicht.

Am 14. steigerte sich die Herrschaft des hohen Luftdruckes noch mehr, und über Deutschland und Oesterreich lagerte der Kern eines intensiven Maximums mit 780 mm Druck. Gleichzeitig bildete sich allmählich eine Temperaturverteilung mit der Höhe heraus, die für unsere Fahrt bestimmend war, da sie die beste Gewähr für eine möglichst stabile Lagerung der Schichten bot: Während die Temperatur im Flachlande überall zu sinken begann, ging sie auf den Hochstationen in die Höhe.

Am 15. hatte sich die Luftdruckverteilung nicht geändert, noch immer behauptete das barometrische Maximum über dem Continente seine Herrschaft, die über dem Ocean ebenfalls noch immer sich haltende Depression machte sich nur im äussersten Westen geltend. Die Temperaturen sanken bei immer klarer werdendem Wetter im Flachlande immer tiefer, auf den Hochstationen wurde es immer wärmer, so dass bereits an diesem Tage Temperaturumkehr constatirt werden konnte; in München herrschte z. B. am Morgen  $-11^{\circ}$ , auf der Zugspitze  $-8^{\circ}$ .

Da die Wetterkarte vom 16. zeigte, dass das über dem Ocean liegende Minimum im Vorgehen begriffen war und daher der Druck im Westen des Continents zu sinken begann, so durfte die Fahrt nicht länger aufgeschoben werden, wenn wir noch von der überaus günstigen Witterungslage Nutzen ziehen wollten; sie wurde also für den nächsten Tag beschlossen. Noch immer behauptete der hohe Druck seine Vorherrschaft über dem Continente, wenn auch das Barometer etwas zurückzugehen begann. In Bezug auf die Höhenstationen herrschte noch immer Temperaturumkehr (München  $-12^{\circ}$ , Zugspitze  $-7^{\circ}$ ).

Am Fahrttage, den 17. Januar, war keine wesentliche Aenderung in der allgemeinen Wetterlage eingetreten. Noch immer lag das ausgeprägte barometrische Maximum über dem grössten Teile Europas und verlor nur langsam an Intensität. Der Kern desselben wies über Deutschland und Oesterreich noch immer mehr als 770 mm Luftdruck auf. Die Depression dagegen, welche am 16. über den britischen Inseln erschienen war, zog dem Golfstrome folgend nach Norden hin ab. Ueberall herrschte in Central-Europa das heitere Frostwetter der letzten Tage, nur local durch tiefliegende Nebelschichten getrübt.

In München war am Morgen Rauhfrost gefallen und starker Nebel aufgetreten bei einer Temperatur von  $-12^{\circ}$ , 769 mm Druck und völliger Windstille. Die Bergstationen hatten alle heiteres, wolkenloses Wetter, die Zugspitze  $-5^{\circ}$  Temperatur.

Das klare Frostwetter dauerte auch noch den folgenden Tag an und erst am 19. trat im Westen Trübung mit zunehmender Temperaturerhöhung ein, während gleichzeitig eine tiefe Depression vor den Scilly-Inseln im Westen Englands erschien. —

Am 16. wurden die beiden Zerstreungsapparate noch einmal miteinander verglichen; dazu wurden sie auf zwei Pfeilern der Attika des Mittelbaues der technischen Hochschule so aufgestellt, dass alle näherliegenden Gebäudeteile (Dachfirst des Haupttraktes u. s. w.) symmetrisch zu den beiden Standorten lagen; eventuelle Spitzenwirkungen oder sonstige Störungen durch das Gebäude mussten sich auf beide Instrumente in gleicher Weise äussern. Die Entfernung der beiden Instrumente von einander betrug 7,7 m, so dass auch eine gegenseitige Beeinflussung ausgeschlossen war.

Ein von der individuellen Beschaffenheit des Apparates unabhängiges Maass der elektrischen Zerstreung geben die Grössen  $a$  (gleich der in einer Minute am Zerstreungskörper neutralisierten Elektrizitätsmenge, diese ausgedrückt in Procenten der ursprünglichen Ladung, vergl. die vorige Mitteilung p. 519). In der folgenden Tabelle beziehen sich die ungestrichelten Buchstaben auf das Balloninstrument, die gestrichelten auf den

Vergleichsapparat. Als Versuchsdauer wurde immer eine Viertelstunde gewählt. Hinzugefügt sind die nach der Fahrt erhaltenen Vergleichswerte, sowie die ein Maass für die Unipolarität der Leitfähigkeit abgebenden Werte  $q = a_- / a_+$  und endlich das Verhältnis ( $r$ ) der procentualen Entladungsgeschwindigkeit: Balloninstrument / Vergleichsinstrument für Ladungen von demselben Vorzeichen.

Zeit (p. m.)	Vorzeichen	$E$	$a$ ‰	$q$	$a'$ ‰	$q'$	$r$
München, den 16. Januar 1901.							
2h 27m — 42m	+	1,36	0,41	0,96	0,42	0,93	0,98
3 15 — 30	—	1,30	0,39		0,39		1,00
München, den 18. Januar 1901.							
2 45 — 3h 0m	+	0,87	0,26	2,07	0,34	1,67	0,77
3 5 — 20	—	1,80	0,54		0,57		0,95
3 25 — 40	+	1,56	0,47	1,26	0,26	2,00	1,83
3 45 — 4h 0m	—	1,97	0,59		0,51		1,15
						Mittel	1,11

Die beiden Apparate waren nicht ganz gleich dimensioniert; der im Ballon verwendete hatte einen Zerstreuungskörper von 10,4 cm Höhe und 5,0 cm Durchmesser; das unten benutzte Vergleichsinstrument dagegen einen solchen von 10,2 cm Höhe und 4,6 cm Durchmesser. Die relative Capacität  $n$  des Elektroskopes allein zu dem System: Elektroskop + Zerstreuungskörper hatte bei den Instrumenten den Wert 0,488 bzw. 0,450 (Mittel aus je 12 Einzelbestimmungen). Bildet man aus den mitgetheilten Vergleichszahlen  $r$  das Mittel, so findet man, dass die Angaben des Vergleichsinstrumentes auf diejenigen des im Ballon benutzten reducirt werden, wenn man die ersteren mit 1,11 multipliciert.

Ein Reductionsfactor von etwa derselben Grösse hat sich auch an anderen Tagen, an denen beide Instrumente an demselben Orte gleichzeitig benutzt wurden, ergeben. Man sieht,

dass gelegentlich nicht unerhebliche Abweichungen vom Mittel vorkommen. Immerhin werden durch die genannte Reduction wenigstens angenähert vergleichbare Werte erhalten. In allen folgenden Tabellen werden daher zum Vergleiche unter den gestrichelten Buchstaben die auf das Balloninstrument durch Multiplication mit 1,11 reducierten Angaben des Vergleichsinstrumentes aufgeführt, so oft der im Ballon benutzte Apparat ohne Fangkäfig, sondern nur mit dem gewöhnlich über ihn gesetzten Schutzdach gegen Sonnenstrahlung und Influenzwirkungen benutzt wurde.

Um aber auch für den Fall, dass das Balloninstrument mit dem Käfig ausgerüstet wurde, die Reduction der Vergleichszahlen zu ermöglichen, wurden die beiden Instrumente wiederholt verglichen:

Balloninstrument im Käfig,  
Vergleichsinstrument unter dem Schutzdach.

Ich theile im Folgenden nur die beiden am Tage vor der Fahrt erhaltenen Vergleiche mit.

Zeit (p. m.)	Vorzeichen	<i>E</i>	$\alpha$ ‰	<i>q</i>	$\alpha'$ ‰	<i>q'</i>	<i>R</i>
--------------	------------	----------	------------	----------	-------------	-----------	----------

München, den 16. Januar 1901.

Balloninstrument im Käfig.

2 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup> -- 3 <sup>h</sup> 7 <sup>m</sup>	+	2,08	0,61	1,41	0,30	1,60	2,08
3 50 -- 4 <sup>h</sup> 5 <sup>m</sup>	-	3,00	0,90		0,48		1,88
					Mittel		1,96

Der Käfig wurde sehr weitmaschig gewählt, damit er die freie Circulation der Luft möglichst wenig behindere; er war cylinderförmig, 45 cm hoch und 25 cm im Durchmesser. Unten stand er auf einer runden Metallplatte mit Metallrand, welche auf einer mit Siegellackfüßen versehenen, dicken Glasplatte lag. Die Maschen hatten rhombische Gestalt und 46 bzw. 38 mm Diagonallänge im Lichten, gegenüber 1,6 mm Dicke des verzinkten Eisendrahtes, aus dem das Netz bestand. Der im

Inneren stehende Zerstreuungsapparat wurde nach dem Vorgange von Elster und Geitel mittelst einer Sonde, einem in ein Glasrohr mittels Siegelack eingekitteten dicken Metalldrahtes, von der Trockensäule aus so geladen, dass das Drahtnetz, welches gleichzeitig zur Erde abgeleitet wurde, nichts von dieser Ladung empfing. Im Ballon wurde statt der Erdleitung eine längere Drahtleitung benutzt, welche am Rande des Ballonkorbes entlang geführt und mit allen grösseren leitenden Massen in der Gondel, u. A. dem Beobachter verbunden war. Sobald der Apparat im Inneren für sich bis zu einem Potentiale von der Höhe, wie sie auch sonst als Anfangsladung für die Messungen benutzt wurde, gegenüber dem ihn umschliessenden Metallhohlkörper (Netz + metallene Fussplatte), mit dem auch das Elektroskopgehäuse in leitender Verbindung stand, geladen war, wurde die Leitung von dem Drahtnetze abgenommen, so dass der Käfig nun völlig isoliert dastand, da er ja auf dem Glastischchen ruhte; nun wurde die Trockensäule mit dem eben benutzten Pole an den Käfig angeschlossen, ihr anderer Pol mit der Ableitung verbunden, so dass der Käfig mit demselben Vorzeichen wie der Zerstreuungskörper selbst geladen war. Dass das Netz, trotz seiner Maschenweite das von ihm eingeschlossene Elektroskop mit seinem Zerstreuungskörper vollkommen gegen äussere elektrostatische Einwirkungen schützte, war schon daran unmittelbar zu erkennen, dass die Blättchen weder bei den Beobachtungen an der Erde noch bei denen im Ballon irgend wie zucken, wenn die Ableitung oder die Trockensäule an den Käfig angelegt oder von ihm abgenommen wird. Durch besondere Versuche im Laboratorium habe ich mich aber ausserdem davon überzeugt, dass ein elektrisch geladenes Teilchen, welches durch die Maschen in das Innere des Käfigs gelangt ist, dessen elektrostatischen Wirkungen in der That vollkommen entzogen ist. Es wird nicht wieder herausgezogen, wenn die Käfigladung der seinigen etwa entgegengesetzt ist, selbst wenn man den Käfig so stark ladet, dass man kräftige Funken aus ihm ziehen kann.

Dieses Resultat steht vollkommen im Einklange mit den

Berechnungen, welche Maxwell in seinem Treatise, B. I, § 203 ff., über die elektrostatische Schutzwirkung von solchen Metallgittern angestellt hat. Hierdurch erklärt sich die jederzeit zu beobachtende gesteigerte Geschwindigkeit, mit der Ladungen im Inneren des gleichnamig geladenen Käfigs neutralisiert werden, in ungezwungener Weise, falls man sich auf den Standpunkt von Elster und Geitel stellt und annimmt, dass in der Atmosphäre in der That frei bewegliche, positiv und negativ geladene kleine Partikelchen jederzeit vorhanden sind, von denen in einem solchen geladenen Käfig eine grössere Anzahl angesammelt wird.

Die oben mitgetheilten Messungen zeigen, dass der hier verwendete Käfig die Entladungsgeschwindigkeit etwa verdoppelt. Nahezu dieselbe Zahl  $R = 2$  hat sich an anderen Tagen ergeben, z. B. am 9. Dezember 1900, einem kalten, klaren Wintertage, an dem die Vergleichen von früh morgens bis zum Abend fortgesetzt wurden. Wir wollen daher die Angaben des Vergleichsinstrumentes immer mit 2 multipliciert unter  $a'$  in den folgenden Tabellen dann aufführen, wenn oben im Ballon mit Käfig gearbeitet wurde. Diese Zahlen geben dann ungefähr die Entladungsgeschwindigkeit in Procenten der Anfangsladung an, welche von dem Balloninstrumente angezeigt würde, wenn dasselbe zur gleichen Zeit unten mit dem Käfig benutzt werden könnte. Freilich ist diese Beziehung der gleichzeitigen Beobachtungen auf einander eine nicht ganz sichere. Denn die Spannungen, bis zu denen der Käfig durch die Trockensäule geladen wird, wechseln mit dem Zustand der Säule, der bekanntlich selbst kein sehr constanter ist. Dass aber vor, während und nach der Fahrt die benutzte Ladesäule keine grossen Aenderungen erfahren hat, geht aus Folgendem hervor. Zur Erzielung eines geeigneten Ausschlags war die Spannung der ganzen Säule zu gross; sie musste an einer Stelle nahe der Mitte abgeleitet werden, wenn der für die Messung geeignetste Maximalausschlag am Elektroskop erhalten werden sollte. Die Stellen, an denen für die beiden Vorzeichen die Ableitung zu erfolgen hatte, blieben während der drei Beobachtungstage die

gleichen, ein Zeichen, dass sich wenigstens in dieser Zeit die Spannung der Säule nicht merklich verändert hatte. —

Am Fahrttage massen wir früh 8<sup>h</sup> 40<sup>m</sup> am Aufstiegsplatze — 15,2° C. und 89% Feuchtigkeitgehalt, einem Mischungsverhältnis (kg Wasserdampf pro kg Dampf-Luftgemisch) von 0,0011 entsprechend. Raufrost und Nebel waren ringsum. Während das Elektroskop mit Schutzdach negativ geladen auf einem Wagen stand, wurde die Ballonkugel, als sie aus der Ballonhalle gebracht wurde, so dicht wie möglich an das Instrument herangeführt. Nicht das geringste Zucken der Blättchen war bemerkbar, die Zerstreuung zeigte vor und nach dem Herannahen des Ballons keinen Unterschied. Dadurch wird die früher (vorige Mitteilung p. 520) geäußerte Befürchtung, der Ballon möchte wenigstens im Anfange, bis sich seine Eigenladung zerstreut hat, die Messungen beeinflussen, entkräftet und die Ergebnisse der Herren Tuma und Börnstein, welche auf den Mangel einer merklichen Eigenladung des Ballons hinweisen, auch durch die Zerstreuungsmethode bestätigt, eine Thatsache, welche natürlich das Vertrauen, welches man in die im Freiballon angestellten Messungen setzen darf, erheblich steigert. Sowohl am Aufstiegsorte vor der Fahrt wie am Landungsplatze nach derselben wurden Messungen mit beiden Vorzeichen vorgenommen; die folgende Tabelle zeigt, dass die erhaltenen Resultate untereinander gut übereinstimmen, so dass das Instrument durch die Fahrt nicht gelitten haben konnte; die Werte liegen ferner ganz in dem Bereiche derjenigen, welche sonst um die entsprechende Tageszeit am Boden erhalten wurden, sowie der am Vergleichsinstrumente erhaltenen Zahlen, wenn dieselben auch am Morgen etwas später, am Nachmittage, nach der Landung, etwas früher erhalten wurden, als die mit dem Balloninstrumente gefundenen Werte. Die Zahlen  $V$  der letzten Colonne geben den Vergleich der Beobachtungsorte ( $V = a$  [Balloninstrument] /  $a'$  [Vergleichsinstrument, letzteres reduciert]).

Zeit	Vorzeichen	$E$	$a^{\circ}/o$	$q$	$a'^{\circ}/o$	$q'$	$V$
------	------------	-----	---------------	-----	----------------	------	-----

München, den 17. Januar, Vormittags.

Exerzierplatz der Militär-Luftschieferabteilung.

8 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> — 45 <sup>m</sup>	+	2,33	0,70	0,91	0,67	0,51	1,0
8 48 — 58	-	2,11	0,63		0,39		1,6

Hohenaltheim bei Nördlingen, den 17. Januar, Nachmittags.

2 30 — 45	+	3,35	1,00	0,86	0,33	1,73	3,0
2 50 — 3 <sup>h</sup> 5 <sup>m</sup>	-	2,88	0,86		0,57		1,5

Um 9<sup>h</sup> 8<sup>m</sup> fuhren wir mit starkem Auftrieb ab; in einer Minute hatten wir 79 m über dem Boden die obere Schicht des Nebels erreicht. Hier aber wurde der Aufstieg plötzlich gebremst, da wir mit unserer kalten Gasfüllung in eine sehr viel wärmere Luftschicht eingetreten waren. Erst als vier Sack Ballast ausgegeben waren, vermochten wir den Einfluss der erheblichen Temperaturumkehr zu überwinden und weiter zu steigen. Um 9<sup>h</sup> 18<sup>m</sup> wurde in 842 m Meereshöhe (318 m über dem Boden) + 1,2° Temperatur gemessen, so dass wir in ca. 16° wärmere Luftschichten einfuhren. Die durch die Bergstationen bereits angezeigte Temperaturumkehr wurde also auch im freien Luftmeer angetroffen und war hier sogar noch stärker ausgeprägt, weil sich das Luftmeer ca. 4°—6° wärmer als die gleich hoch gelegenen Hochstationen erwies. Ueber uns war tiefblauer wolkenloser Himmel, an dem selbst das leichteste Cirrusgewölk fehlte. Die Alpen waren von seltener Klarheit, Bodennebel bedeckte die Hochebene nur zum Teil, besonders dicht über München, so dass nur die runden Kuppen der Frauenthürme aus dem weissen, streifenförmig angeordneten Nebelmeere emporragten. Es konnte keinem Zweifel unterliegen, dass wir uns unter der Einwirkung absteigender Luftströme befanden, die uns die ionenreichere Luft der höheren

Schichten zutrieb und so durften wir ausnehmend grosse Zerstreuungsgeschwindigkeiten von vornherein erwarten.

Auch bei dieser Fahrt waren deutlich drei verschieden geartete Luftschichten zu unterscheiden, die sich durch verschiedene Temperaturen und Temperaturgradienten, verschiedenes Mischungsverhältnis und namentlich durch die verschiedene Richtung und Geschwindigkeit, in der und mit der sie uns bewegten, hinreichend scharf gegen einander abgegrenzt werden konnten.

#### 1. Luftschicht: vom Boden bis ca. 1400 m.

In dieser untersten Schicht wurde zunächst die bereits erwähnte sehr starke Temperaturzunahme mit der Höhe unmittelbar über der Nebelschicht beobachtet. Der Temperaturgradient ging in ca. 1000 m in eine dem adiabatischen Gleichgewichte entsprechende Zunahme von rund  $1^\circ$  pro 100 m Anstieg über. Diese Temperaturverteilung war der Ausdruck einer äusserst stabilen Lagerung der dem Boden unmittelbar aufliegenden Schicht. Der relative Feuchtigkeitsgehalt war auf 49% herabgegangen (gegen 89% am Boden), das Mischungsverhältnis war auf 0,00245 gestiegen. In dieser untersten Schicht wurden elektrische Verhältnisse angetroffen, welche denen am Boden insofern glichen, als eine ausgesprochene Unipolarität (durch  $q$  gemessen) und ein Ueberwiegen an freien + Ionen angezeigt war; da die Beweglichkeit der Ionen in der klaren reinen Luft eine viel grössere als unten im Nebel sein musste, dürfen wir uns nicht wundern für den negativ geladenen Zerstreuungskörper eine ca. viermal so grosse Entladungsgeschwindigkeit zu finden, als sie gleichzeitig unten beobachtet wurde. Es wurde mit Schutzdach aber ohne Käfig gemessen.

Zeit	Höhe	Temperatur	Relative Feuchtigkeit	Mischungsverhältnis	Spannungen
9 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> — 33 <sup>m</sup>	995 m	+ 1,6° C.	49%	0,0024	189—183
9 37 — 52	1275	3,0	49	0,0025	199—172

## 2. Luftschicht: von 1400—2000 m.

Etwa um 10<sup>h</sup> traten wir in eine eigentümlich beschaffene Luftschicht ein, die wir erst um 11<sup>h</sup> 8<sup>m</sup> etwa in 2000 m Höhe verliessen: eine nahezu vollkommen isotherme Schicht mit dem Temperaturgradienten Null. Bekanntlich bildet es noch ein ungelöstes Problem der Thermodynamik der Atmosphäre, wie solche isotherme Schichten von mehreren Hundert Metern Mächtigkeit im Luftmeere zu Stande kommen und wie sie sich zu erhalten vermögen. Der Uebergang war kein allmählicher, sondern ein plötzlicher mit 44% relativer Feuchtigkeit, + 4,4° Temperatur und 0,0027 kg Mischungsverhältnis, Werte, welche bis zum Austritt aus der Schicht fast die gleichen blieben. Vielleicht hatten wir es sogar mit zwei übereinander liegenden und schwach gegeneinander bewegten isothermen Schichten, die in etwa 1750 m Höhe aneinander grenzten, zu thun.

In dieser Schicht wurde zum ersten Male mit Käfig gearbeitet. Das Schutzdach über dem Zerstreungskörper wurde dabei weggelassen, da die Laboratoriumversuche gezeigt hatten, dass der Drahtkäfig genügenden elektrostatischen Schutz gewährte.

Zeit	Höhe	Temperatur	Relative Feuchtigkeit	Mischungsverhältnis	Spannungen
10 <sup>h</sup> 2 <sup>m</sup> — 17 <sup>m</sup>	1470 m	+ 4,4° C.	44%	0,0027	192—141
10 22 — 27	1550	4,5	45	0,0028	180—141
10 29 — 40	1605	4,3	46	0,0028	197—126

Spannungs- abnahme pro 15 Minuten	Vorzeichen	$E$	$\alpha$ %	$q$	$\alpha'$ %	$q'$	$V$
6 Volt	+	1,38	0,41	} 4,58	0,51	} 0,86	0,80
27 "	-	6,32	1,89		0,44		4,8

Wie die vorstehenden Zahlen zeigen, wurden verhältnismässig sehr hohe Werte für die Zerstreuung gefunden. Dabei ist nicht nur die Neutralisationsgeschwindigkeit der negativen Ladungen gesteigert, sondern auch die der positiven, ja die Entladungsgeschwindigkeit der letzteren ist relativ mehr erhöht, als diejenige der negativen Ladungen, so dass das mittlere Verhältnis  $q = a_- / a_+$  gegen die vorher mit Schutzdach erhaltenen Werte zurückgeht. Es kann also kein merklicher Hallwachseffekt vorliegen und die intensive Sonnenbestrahlung hat keinen Einfluss auf den vollkommen geschwärzten Zerstreuungskörper mehr, wie dies auch die Herren Elster und Geitel feststellten. Das Zurückgehen des Wertes für  $q$  zeigt an, dass sich die Unipolarität der luftelektrischen Leitung mit der Höhe mehr und mehr ausgleicht, während zugleich die absoluten Beträge der Leitfähigkeiten für beide Vorzeichen zunehmen, genau wie dies schon bei den früheren Fahrten gefunden worden war.

3. Luftschicht: über 2000 m.

Erst als wir um 11<sup>h</sup> 8<sup>m</sup> nach Ballastauswerfen die Höhe von 2000 m überschritten, kamen wir aus der isothermen

Spannungs- abnahme pro 15 Minuten	Vorzeichen	$E$	$\alpha$ %	$q$	$\alpha'$ %	$q'$	$V$
51 Volt	+	13,39	4,01	} 2,18	0,96	} 1,50	4,2
(117)	-	31,81	9,53		1,44		7,1
(97)	-	26,45	7,98				

Schicht heraus und traten in eine neue Luftschicht ein, was sich sofort auch an einer Aenderung der Fahrtrichtung zu erkennen gab; dieselbe ging bis dahin ziemlich genau nach Westen und bog jetzt nach Nordwesten um. In dieser Schicht nahm die Temperatur regelmässig von  $+4,0^\circ$  in der isothermen Schicht auf  $-2,5^\circ$  ab in der höchsten bei dieser Fahrt erreichten Höhe von rund 3200 m mit einem Gradienten von ca. 0,53 auf 100 m Erhebung. Dieser geringe Gradient ist wieder ein Zeichen von der ausserordentlich stabilen Lagerung aller Luftschichten an diesem Tage auch in diesen grösseren

Zeit	Höhe	Temperatur	Relative Feuchtigkeit	Mischungsverhältnis	Spannungen
10 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup> — 11 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup>	1930 m	+ 3,3° C.	42%	0,0027	189—170
11 17 — 32	2285	2,1	42	0,0025	198—168
11 42 — 47	2375	1,7	43	0,0024	174—122
11 49 — 59	2560	1,7	42	0,0024	183—104
12 4 — 9	2880	0,3	42	0,0023	142—104
12 11 — 17	2930	- 1,0	42	0,0023	178—104
12 19 — 24	3005	1,9	46	0,0023	179—125
12 32 — 47	3105	2,2	47	0,0023	198—183
12 51 — 1 <sup>h</sup> 6 <sup>m</sup>	3060	2,1	46	0,0024	188—126
1 11 — 1 20	2730	+ 0,6	43	0,0024	188—184

Höhen. Die relative Feuchtigkeit erhielt sich auf 42—47%, das Mischungsverhältnis ging von 0,0027 auf 0,0023 zurück. Noch während des Ueberganges aus einer in die andere Luftschicht wurde die erste der unten folgenden Messungen ohne Käfig aber mit Schutzdach angestellt. Wenn ihr auch wegen der grossen Vertikalbewegung kein allzugrosses Gewicht zukommt, so zeigt sie doch beim Vergleiche mit den in der ersten Schicht viel tiefer unten in gleicher Weise angestellten Messungen durch die Höhe der erhaltenen Zerstreung für +, dass sich die relative Zahl der — Ionen in diesen höheren

Schichten erheblich vergrössert haben musste. Die — Zerstreung zeigt dagegen nur eine geringe Zunahme, die durch  $q$  ausgedrückte Unipolarität wird kleiner.

In dieser Luftschicht wurden bei Anwendung des Käfigs (Zahlen unterhalb des ersten Striches) die grössten Entladungsgeschwindigkeiten erhalten, die ich je beobachtet habe. Während bei den Messungen am Boden für jede Beobachtung gewöhnlich ein Zeitraum von 20—30 Minuten gewählt wird, um einen deutlichen Rückgang der Blättchen zu beobachten, fielen dieselben hier oben so rasch zusammen, dass die Messung be-

Spannungsabnahme pro 15 Minuten	Vorzeichen	$E$	$a\%$	$q$	$a'\%$	$q'$	$V$
(14) Volt	+	3,44	1,03	} 2,07	0,36	} 1,11	2,9
30	—	7,12	2,13		0,40		5,2
(156)	+	46,21	13,86	} 1,17	} 0,60	} 2,03	} 20,8
(119)	+	36,80	11,04				
(114)	—	40,57	12,16				
(185)	—	58,33	17,48				
(162)	—	46,78	14,03		1,22		11,9
15	+	3,40	1,02	} 5,10	0,31	} 1,71	3,3
62	—	17,36	5,20		0,54		9,6
(7)	+	1,55	0,46				

reits nach 5 Minuten beendet war, da ein weiteres Warten zu zu kleinen Divergenzen geführt hätte, bei denen die Potentialmessungen ungenau werden. Dieses rasche Verschwinden der Ladungen hat den grossen Vorteil, dass viel mehr Einzelmessungen ausgeführt werden können, was den grossen, namentlich bei Hochfahrten mit Wasserstoffgas nicht zu unterschätzenden Vorzug bietet, dass man für einzelne Luftschichten geltende Werte erhalten kann, auch wenn man bei rascher Vertikalbewegung die Schichten schnell wechseln muss.

Die zwischen 11<sup>h</sup> 42<sup>m</sup> und 11<sup>h</sup> 47<sup>m</sup> in 2375 m Höhe er-

haltene Zerstreungsgeschwindigkeit von 13,86% für + Ladung übertrifft diejenige, welche man gleichzeitig unten (nach den Angaben des Vergleichsinstrumentes und der oben angegebenen Reduction) bei demselben Instrumente mit dem Käfig erhalten haben würde um das 23 fache. Noch grösser war die Entladungsgeschwindigkeit der — Ladung zwischen 12<sup>h</sup> 11<sup>m</sup> — 17<sup>m</sup> in 2930 m mit  $a_- = 17,48\%$ .

Während wir noch auf der grössten Höhe waren, wurde zwischen 12<sup>h</sup> 32<sup>m</sup> und 1<sup>h</sup> 6<sup>m</sup> nochmals mit Schutzdach beobachtet (Zahlen unter dem zweiten Strich).

Wie man sich die hierbei zu Tage tretende Unipolarität von einer Grösse, wie sie diesen hohen Schichten bei den anderen Fahrten nicht eigen gewesen ist, zu erklären habe, vermag ich vor der Hand noch nicht anzugeben.

Um 1<sup>h</sup> 13<sup>m</sup> begann der Ballon sehr rasch zu fallen, ohne dass der Fall weiter aufgehalten werden konnte. Die begonnene Messung mit + Ladung und Schutzdach ohne Käfig wurde indessen noch weiter fortgesetzt (letzte Reihe der Tabelle). Indessen besitzt der erhaltene Wert nicht dieselbe Sicherheit, wie die anderen Zahlen, da wegen allerlei Hantierungen in der Gondel, das Instrument nicht mehr so grosse Ruhe hatte wie zuvor. —

Wie früher, so wurde auch bei dieser Fahrt nicht nur am Anfang und am Ende der in der Tabelle angegebenen Zeiten, sondern auch in Zwischenzeiten, meist in Intervallen von je 5 Minuten abgelesen. Das gesamte im Ballon aus 49 Einzelablesungen erhaltene Zahlenmaterial lässt wieder erkennen, dass im Allgemeinen in gleich lange dauernden Unterabschnitten jeder Beobachtungsreihe etwa die gleichen Elektrizitätsmengen unabhängig von der Höhe des Ladungspotentiales entladen werden (vergl. vorige Mitteilung Nr. 529), wenn dieses Mal diese Erscheinung auch nicht so deutlich wie sonst hervorgetreten ist.

---

Resultate:

1. Die Ergebnisse der früheren Fahrten haben sich vollkommen bestätigt.

2. Bei der sehr regelmässigen Schichtung der Atmosphäre bei dem barometrischen Wintermaximum, in welches diese dritte Fahrt fiel, war die nach oben hin abnehmende Unipolarität, also die Verminderung der Wirkung des negativ geladenen Erdkörpers bei erheblich zunehmender Entladungsgeschwindigkeit für beide Vorzeichen deutlich ausgeprägt.

3. Die Aufstellung des Zerstreuungsapparates auf einem ausserhalb der Gondel befestigten Tischchen hat sich sehr gut bewährt und empfiehlt sich aus verschiedenen Gründen mehr als die Aufhängung im Inneren des Ballonkorbes.

4. Durch Einbauen des Zerstreuungsapparates in einen gleichnamig geladenen Fangkäfig lässt sich die Zerstreuungsgeschwindigkeit für beide Vorzeichen erheblich steigern; so wurde in 2375 m Höhe eine 23 mal so grosse Entladungsgeschwindigkeit für + beobachtet, als dasselbe Instrument am Boden (nach Ausweis eines Vergleichsinstrumentes) mit Käfig ergeben haben würde. Dabei dürfte die Genauigkeit nur unbedeutend vermindert sein; dagegen wird der Vorteil erreicht, dass die Zahl der Einzelbestimmungen erheblich gesteigert werden kann.

5. Bei dieser Fahrt haben sich sehr grosse Beträge der Zerstreuung in der Höhe ergeben, offenbar unter der Wirkung einer schon seit vielen Tagen andauernden grossen Luftklarheit und absteigender Luftströme, welche sehr ionenreiche Höhenluft dem Instrumente, namentlich dem vom Schutzdach nicht bedeckten, zuführten.

6. Störungen durch Ballonladungen oder durch lichtelektrische Wirkungen waren nicht nachweisbar.