

Wissenschaftliche Resultate
meiner
Luftballonfahrten.

Von

Dr. Josef Tuma,

Privatdocent an der k. k. Universität und Technik in Wien.

Vortrag, gehalten den 30. November 1898.

Mit 6 Abbildungen im Texte.

Hochgeehrte Anwesende!

Meine Damen und Herren!

Der Gegenstand meines heutigen Vortrages betrifft Betrachtungen über eine der gewöhnlichsten und auffallendsten, nichtsdestoweniger aber geheimnisvollsten Naturerscheinungen. Es ist dies die Elektrizität in der Atmosphäre.

Bedeuteten einst die Blitze den Zorn der Götter, so sind sie uns heute nichts als elektrische Funken. Durch diese Erkenntnis, zu der die Wissenschaft zunächst durch vergleichende Betrachtung der Blitzentladung mit der an Elektrisiermaschinen beobachteten und insbesondere durch die Experimente Franklins in der Mitte des vorigen Jahrhunderts gelangte, wurde scheinbar der Poesie ein Gebiet entrissen, auf dem sie sich bisher frei bethätigt hat. Wer dies behauptet, gehört zu jenen Leuten, die nicht einsehen, dass die Poesie niemals durch die Wissenschaft verdrängt werden kann, sondern dass im Gegentheile letztere läuternd und erhebend auf erstere einwirkt. Wenngleich wir uns über das Zustandekommen eines schönen Vorganges Rechenschaft geben können, kann

ihm doch unsere Bewunderung nicht fehlen. Ist der Regenbogen weniger schön, weil wir die optischen Gesetze kennen, durch die er entsteht? Ist eine Wagner'sche Oper für uns weniger entzückend, weil der Physiker die Schwingungszahl der Töne angibt, aus denen die Oper besteht, und weil der Musiktheoretiker die Nothwendigkeit des Zusammenklanges und der Folge der Töne erkennt? Gerade dieses Erkennen erhöht unser Gefühl für die Schönheit, und die Wissenschaft lenkt die Poesie in würdigere und unserem Culturfortschritt entsprechendere Bahnen.

So wollen denn auch wir heute einen Blick in das geheimnisvolle Treiben der Natur versuchen und der Ursache der auf alle Lebewesen einen so tiefen Eindruck ausübenden großartigen Erscheinung, des Gewitters, nachspüren.

An erster Stelle der Forscher, welche sich auf diesem Gebiete bethätigten, steht, wie bereits erwähnt, Franklin. Er ließ 1752 vor Beginn der Gewitter Drachen steigen und fand, dass er aus dem Ende der durch den Regen feucht gewordenen Schnur oder dem Drahte, an dem der Drachen gehalten wurde, elektrische Funken ziehen konnte. Durch diese Versuche wurde bekanntlich der Blitzableiter erfunden. Wie gefährlich übrigens solche Experimente werden können, musste man an Richmann in Petersburg 1753 erfahren, der bei denselben vom Blitze erschlagen wurde.

Später constatirte Dellmann, dass nicht nur vor oder während eines Gewitters elektrische Vorgänge in

der Atmosphäre zu beobachten seien, sondern dass sich solche immer, auch bei heiterem Himmel, constatieren lassen. Er berührte eine Metallkugel, die an einem isolierenden (also das Abfließen einer der Kugel mitgetheilten Ladung hindernden) Träger befestigt war, mit einem Drahte, dessen zweites Ende auf der Erde lag, während die Kugel hoch in die Höhe gehalten wurde. Hierauf wurde diese Berührung aufgehoben, die Kugel isoliert zur Erdoberfläche herabgezogen, und nun zeigte sie sich daselbst elektrisch. Wurde sie nunmehr wieder leitend mit der Erde verbunden, so verschwand der elektrische Zustand, wie dies bei allen elektrisch geladenen Körpern geschieht, sobald der Elektrizität auf ihnen das Abfließen zur Erde ermöglicht wird. Es hatte also den Anschein, dass in die zuerst hoch über der Erde gehaltene Kugel Elektrizität aus der Atmosphäre übergegangen sei.

Für diese Erscheinung fand Erman eine Erklärung. Nach ihm ist die Erde selbst elektrisch geladen und die von Dellmann beobachtete Erscheinung eine Folge der verschiedenartigen Vertheilung dieser Erdladung auf der Kugel, je nachdem sie in größere Höhe oder nahe dem Erdboden gehalten wird.

Es ist hier nothwendig, eine Reihe von Sätzen aus der Lehre von der ruhenden Elektrizität, der Elektrostatik, anzuführen:

1. Es gibt zweierlei Arten von Elektrizität: positive (durch Reiben eines Glases mit Seide erhältlich) und negative (durch Reiben von Harz mit einem Felle erhältlich).

2. Beide Elektrizitätsarten können in den sogenannten Elektrizitätsleitern (z. B. Metallen) ihren Ort ändern (Fließen der Elektrizität). In Nichtleitern, Isolatoren, Harz, Glas, Seide, Gase bei gewöhnlichem Druck und niederer Temperatur sind sie an ihre Plätze gebunden.

3. Macht man zwei leitende, aber isoliert gehaltene Körper positiv oder beide negativ elektrisch, so üben sie auf einander abstoßende Kräfte aus. Dagegen ziehen sie sich an, wenn ein Körper positiv und der andere negativ elektrisiert wurde.

4. Die elektrische Ladung eines isolierten Körpers ist mit einer Arbeitsleistung verbunden. Als Beispiel denken wir uns eine isoliert befestigte, zuerst unelektrische Kugel von beliebiger Größe. Um sie elektrisch zu laden, benützen wir ein kleines Holundermarkkugelnchen, das wir an einem Seidenfaden aufgehängt haben, welchen wir in der Hand halten. Wir nehmen mit Hilfe dieses Kugelnchens zuerst Elektrizität von einer Elektrizitätsquelle ab und nähern dann dasselbe der großen Kugel, bis es diese endlich berührt. In diesem Momente wird Elektrizität auf die große Kugel übergehen. Nun führen wir das Kugelnchen wieder zur Elektrizitätsquelle und holen neue Ladung. Dieses Verfahren setzen wir fort und beobachten dabei den Winkel, welchen der Aufhängefaden des Pendels während des Näherbringens mit der verticalen Richtung bildet.

Bei dem ersten Transporte von Ladung auf der sehr kleinen Holundermarkkugel nach der großen isolierten Metallkugel *A* wird der Aufhängefaden der ersteren

immer eine verticale Lage haben, so wie dies durch einzelne Positionen $a_1 - a_6$ (Fig. 1) in der obersten Reihe *I* dargestellt ist. Wenn man das Experiment wirklich ausführt, zeigt sich nur im letzten Momente in unmittelbarer Nähe vor der Lage a_6 eine geringfügige Anziehung der Kugeln, welche durch eine hier nicht zu erörternde Beeinflussung der großen Kugel durch die kleine zustandekommt, und die desto mehr verschwindet, je kleiner die Holundermarkkugel ist.

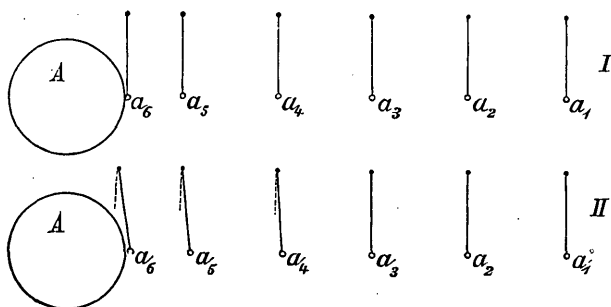


Fig. 1.

Wenn endlich in der Lage a_6 eine Berührung zwischen den Kugeln stattfindet, so geht Ladung an *A* über. Da in dieser Lage beide Kugeln für die über die Berührungsstelle fließende Elektrizität einen einzigen leitenden Körper darstellen, vertheilt sich nunmehr die letztere derart, dass der größte Theil auf *A* übergeht und nur ein kleiner Rest auf *a* verbleibt.

Die an *A* abgegebene Elektrizität vertheilt sich über die Oberfläche von *A*. Denken wir uns, es

würde Ladung auch in das Innere von A gelangen, so würden sich die einzelnen Raumtheile dieser Ladung ihrer Gleichnamigkeit wegen (nach Satz 3) abstoßen, sie würden sich soweit voneinander bewegen, als dies der leitende Körper zulässt. Dies ist aber eine Bewegung bis an die Oberfläche. Also kann die an A übergegangene Elektrizität ihren Sitz nur an der Oberfläche haben, und auf a verbleibt eine kleine Elektrizitätsmenge, da diese kleine Kugel während der Berührung mit der großen einen Theil der Oberfläche der letzteren bildet.

Nachdem man mehrere Transporte von Ladung vorgenommen hat, wird man bald bemerken, dass bei größerer Annäherung der Holundermarkkugel a an die Kugel A eine Schiefstellung des Aufhängefadens eintritt, wie in der Reihe *II* (Fig. 1) in den Positionen a_4 , a_5 und a_6 angedeutet ist. Diese Schiefstellung, welche auf eine Abstoßung hindeutet (entsprechend Satz 3), wird bei fortgesetzter Ladung immer größer und bei immer größeren Distanzen von A bemerkbar.

Die Elektrizitätsmenge, welche auch bei der Berührung auf a zurückbleiben muss, wird immer größer; denn je mehr die Ladung auf A wächst, desto größer wird auch die einem jeden Theile ihrer Oberfläche zukommende Quantität, und desto größer muss also auch die Ladung der berührenden Kugel sein, welche, wie oben erwähnt, in dieser Lage (a_6) einen Theil der Oberfläche darstellt.

Endlich, mathematisch genau genommen, nach unendlich vielen Transporten ist die auf a zugebrachte Ladung nur mehr so groß, dass sie genau die Elektri-

tätsmenge darstellt, welche bei ihrer Berührung ihr als Theil der Oberfläche der großen zukommt. Sie gibt nun keine Elektrizität an A ab, und es ist mit der verwendeten Elektrizitätsquelle eine höhere Ladung von A nicht mehr zu erreichen.

Es wird also bei jedem Transporte von Ladung nach A eine abstoßende Kraft überwunden, deren Größe an jedem Punkte durch die schiefe Lage des Aufhängefadens des Holundermarkkugelhens gemessen wird. Zur Überwindung einer Kraft bei einer Bewegung längs irgend eines Weges ist eine Arbeit erforderlich. Also kann die Ladung eines Körpers nur durch eine Arbeitsleistung zustandekommen.

5. Wenn wir ein Pendel um irgend einen Winkel aus seiner verticalen Ruhelage herausdrehen, wird der Schwerpunkt des Pendels gehoben. Es wird also der Schwerkraft entgegenbewegt. Somit leisten wir dabei eine Arbeit. Bei dem durch Fig. 1 illustrierten Versuche wird das Hollundermarkpendelchen durch die von der auf A befindlichen Ladung ausgeübte Kraft aus seiner Ruhelage gebracht (*III* Lage a_4, a_5, a_6). Somit kann die Ladung der Kugel A in den Punkten a_4, a_5 und a_6 eine Arbeit leisten, welche sich aus dem Gewichte des Pendelchens, aus der Länge des Fadens und aus seiner Entfernung von der Ruhelage berechnen lässt. Diese Fähigkeit einer Ladung, in einem Punkte des Raumes eine Arbeit leisten zu können, wenn sie daselbst auf eine als Einheit angenommene Elektrizitätsmenge wirkt, nennt man das Potential, welches die Ladung in dem betreffenden

Punkte hervorbringt. Dieses Potential wird auch durch die Arbeit dargestellt, welche man leistet, wenn man die Einheit der Elektrizitätsmenge aus großer Entfernung in den betrachteten Punkt bringt.

6. Außer durch eine Bewegung eines Pendels der Schwerkraft entgegen kann sich die Arbeitsfähigkeit (Potential) einer Ladung noch in anderer Weise äußern. Denken wir uns eine isoliert aufgestellte Kugel *A* (Fig. 2),

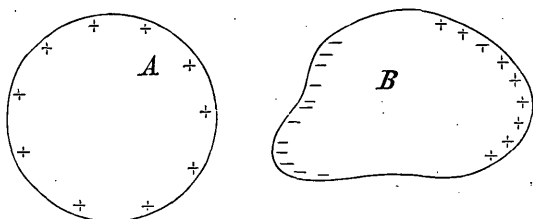


Fig. 2.

in deren Nähe wir einen bisher unelektrischen, gleichfalls isolierten Körper *B* bringen. Dann zeigt sich, dass das *A* zugewendete Stück des Leiters *B* mit der Ladung von *A* ungleichnamig, das abgewendete Stück gleichnamig elektrisch wird. Man bezeichnet diese Erscheinung als Influenz. Diese Beobachtung veranlasste die Physiker anzunehmen, es befinde sich auf jedem unelektrischen Körper eine unendlich große, aber genau gleiche Menge positiver und negativer Elektrizität gemengt, so dass sich beide Elektrizitäten in ihrer Wirkung aufheben. Die Ladung werde durch einen Überschuss einer der Elektrizitätsarten erzeugt. Die Anwesenheit eines elek-

trisierten Körpers in der Nähe eines unelektrischen bewirkt hier eine derartige Vertheilung der bisher gleichförmig gemengten positiven und negativen Mengen, dass sich die ungleichnamige in die dem elektrisierten Körper benachbarten Theile begibt, so dass daselbst ein Überschuss dieser Elektrizitätsart entsteht, während daher an den anderen Punkten der Oberfläche ein Überschuss der gleichnamigen Elektrizität zustande kommt.

Diese Elektrizitätstrennung durch Influenz ist aber mit Arbeitsleistung verbunden. Es werden zweierlei Arbeiten geleistet. Nachdem durch die anziehende Kraft, welche die Ladung auf der Kugel auf die ihr ungleichnamige Elektrizität ausübt, letztere sich in den der Kugel benachbarten Theilen des Körpers B ansammelt, wird er mit dieser Elektrizität geladen erscheinen. Ferner werden die übrigen Theile durch einen Überschuss aus mit der Ladung in A gleichnamiger Elektrizität ausgezeichnet sein, also diese Ladung aufweisen. Beide Ladungen sind aber mit einer Arbeitsleistung (Satz 4) verbunden.

Denken wir uns, um eine Anwendung dieses Satzes vorzunehmen, der zu influenzierende Körper B sei (Fig. 3) eine Kerzenflamme k (eine solche ist wegen der hohen Temperatur der Gase ein Leiter) und ein Draht d , an den irgend ein anderer leitender, aber isolierter Körper, z. B. die Blättchen b eines Goldblattelektroskops E , angeschlossen ist.

Die Kugel A werde positiv geladen. Es tritt nun in der Kerzenflamme eine Elektrizitätstrennung ein, so dass

in ihr ein Überschuss von negativer Elektrizität entsteht, während sich die Blättchen des Goldblattelektroskops positiv laden. Nach dem Vorigen besteht die Arbeit, welche die Ladung auf der Kugel *A* leistet, darin, dass 1. die Flamme negativ, 2. der Draht *d* und die Blättchen *b* positiv geladen werden. In diesem Falle ist aber damit der Vorgang noch nicht beendet, denn die negativ geladenen Flammengase gehen ab, und die Flamme wird

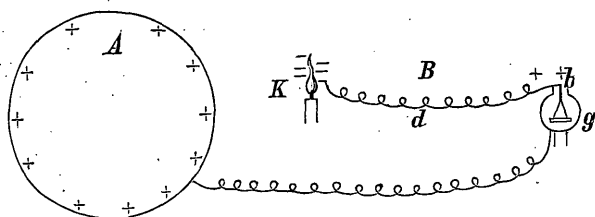


Fig. 3.

wieder unelektrisch. Es findet also neuerdings Elektrizitätstrennung statt, und endlich wird die ganze Arbeitsfähigkeit, welche die Ladung der Kugel *A* in jenem Punkte, an dem die Kerzenflamme *k* ist, ausüben kann, zur positiven Ladung des Drahtes, der Blättchen und der Flamme aufgebraucht sein, so dass keine weitere Elektrizitätstrennung stattfinden kann. Es ist dann dieses ganze System auf das Potential geladen, welches die Ladung *A* an der Stelle ausübt, an welcher sich die Kerzenflamme befindet.

An Stelle einer Flamme kann man auch irgend einen anderen Körper verwenden, von dem sich Theile der

Oberfläche loslösen; z. B. kann auch eine Flüssigkeit verwendet werden, die aus einer Spitze am Boden des isolierten Gefäßes ausläuft, indem in diesem Falle die abgehenden Tropfen so wie früher die aufsteigenden Flammengase die influenzierte Ladung mitnehmen.

Eine solche Anordnung, welche dazu dient, ein System von isolierten Leitern auf ein durch einen oder mehrere geladene Körper im Raume erzeugtes Potential zu bringen, nennt man einen Collector. Der Erfinder desselben ist der berühmte Physiker William Thomson (gegenwärtiger Lord Kelvin).

7. Wenn man einen beliebig geformten Leiter oder ein ganzes System miteinander zusammenhängender Leiter mit einer elektrischen Ladung versieht und untersucht den umgebenden Raum entweder mittels eines geladenen Pendelchens, dessen Ablenkung aus der verticalen Ruhelage, wie oben beschrieben, beobachtet wird, oder mittels eines Collectors, also indem man das Potential bestimmt, welches die Ladung in verschiedenen Punkten des Raumes hervorbringt, so findet man bald Punkte, in denen das Potential gleich ist. Alle diese Punkte liegen in Flächen, die den geladenen Körper umgeben. So z. B. liegen bei einer elektrisch geladenen Kugel alle Punkte gleichen Potentials in mit ihr concentrischen Kugelflächen. Diese Flächen heißen Niveauflächen. Die Oberfläche des Körpers oder Leitersystems selbst stellt eine Niveaufläche dar. Hieraus folgt, dass, wie immer auch ein Elektrizitätsleiter geformt sein mag, immer sind alle seine Punkte auf gleichem Potentiale.

Ist also, wie Fig. 3 zeigt, das metallene Gehäuse des Elektroskops *E* durch einen Draht mit der Kugel *A* verbunden, so ist dieses Gehäuse auf demselben Potentiale wie die Kugel *A* selbst. Es ist bekannt, dass die Blättchen eines solchen Elektroskops infolge der Ladung, welche sie erhalten, divergieren. Damit aber ihre Divergenz eine bestimmte Deutung zulasse, muss das Potential des umgebenden Gehäuses ein bekanntes sein. Die Blättchen divergieren nämlich nur deshalb, weil zwischen ihnen und dem Gehäuse ein Unterschied des Potentials herrscht. Dieser Unterschied bedeutet eine Arbeit, die dadurch geleistet wird, dass sich die Blättchen der Schwere entgegenheben. Ich habe hier ein Elektroskop nach der Construction von Franz Exner, Professor an der Wiener Universität, aufgestellt. Dasselbe ist für Beobachtung im Freien leicht transportabel eingerichtet. Es besteht (Fig. 4) aus dem metallenen Gehäuse *M*, das vorne und rückwärts durch Glasdeckel verschlossen ist, *a* sind die zwei Blättchen (hier Aluminium), die an dem isoliert in das Gehäuse ragenden Stifte *S* befestigt sind; *t* ist eine Theilung, welche die Ausschläge abzulesen gestattet, *p* sind Schutzplatten für die Blättchen, die zusammengeschoben werden, wenn das Instrument außer Gebrauch gesetzt wird.

An dem hier in der Anordnung nach Fig. 3 aufgestellten Instrumente, von dem ich der allgemeinen Beobachtung wegen ein Schattenbild entwerfe, sehen Sie, dass es keinen Ausschlag zeigt, wenn die Kerzenflamme in unmittelbarer Nähe an der Kugel *A* brennt. Wie wir

wissen, ist jetzt das Gehäuse des Elektroskops auf demselben Potentiale wie die Kugel A , da es mit dieser durch einen Draht verbunden ist und einen einzigen Leiter darstellt (Satz 7). Die Blättchen sind aber nahezu auf demselben Potentiale wie die Kugel A , da die Kerze

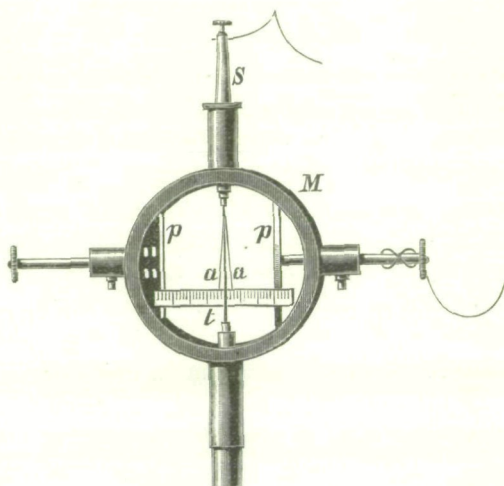


Fig. 4.

dicht neben letzterer brennt. Begeben wir uns aber mit der Kerze in größere Entfernung von A , so tritt sofort ein Ausschlag der Blättchen ein, der gleichzeitig mit der Entfernung wächst. Der Unterschied in der Arbeitsfähigkeit der Ladung auf A zwischen dem Punkte, an dem die Kerze brennt, und der Kugel A ist größer geworden.

8. Man sieht somit, dass der Ausschlag der Blättchen eines Elektroskops die Potentialdifferenz zwischen dem mit den Blättchen und dem mit dem Gehäuse verbundenen leitenden Körper bestimmt.

Nun sind wir in der Lage, den Dellmann'schen Versuch und die übrigen in Bezug auf atmosphärische Elektrizität angestellten Versuche zu besprechen. Wenn Dellmann seine metallene Kugel in größerer Nähe über dem Erdboden mit einem Drahte verband, der andererseits die Erde berührte, so gieng, wie Erman erklärt, Elektrizität durch den Draht auf die Kugel über. Die Erde betrachtete nämlich Erman als elektrisch geladen. Es musste also (nach Satz 7) während ihrer Verbindung mit der Erde die Kugel das Potential der Erde annehmen. Dieses hatte sie wohl schon früher, als sie sich am Erdboden befand, jedoch musste sie in ihrer erhöhten Lage eine andere Ladung erhalten, um wieder dasselbe Potential der Erde zu bekommen, weil sie sich in einer Umgebung vom anderen Potentiale befand. Als sie dann isoliert wieder heruntergeholt wurde, hatte sie einen Überschuss an Elektrizität. Dellmann fand, dass dieser bei heiterem Himmel negativ war. Damit also die Kugel in der erhöhten Lage auf das Potential der Erde gebracht wurde, war eine negative Ladung nothwendig. Erman musste somit schließen, dass oben ein weniger negatives Potential als an der Erdoberfläche existierte. Dies konnte nur dann sein, wenn die Erde mit negativer Ladung behaftet

war, denn dann musste ein von der Erde entfernterer Punkt weniger negativ, d. h. positiv gegenüber der Erde erscheinen.

Nach Erman wurden diese Versuche nach der besseren Thomson'schen Methode, die ich Ihnen bereits im kleinen vorgeführt habe (Fig. 3), angestellt. Denken wir uns nämlich die Kugel *A* durch die Erde versetzt und wir seien auf dieser Kugel, so ist der Versuch genau so, wie früher auseinandergesetzt wurde, auszuführen. Man verbindet das Gehäuse eines Elektroskops mit der Erde durch einen Draht. Die Blättchen verbindet man mit einer isoliert in geeigneter Höhe über der Erde angebrachten Flamme. Bei normalem Wetter laden sich, wie Franz Exner und viele andere durch zahlreiche Versuche constatirt haben, die Blättchen positiv. Daraus folgt übereinstimmend mit der Beobachtung von Dellmann, dass ein Punkt über der Erde ein positives, also ein weniger negatives Potential als die Erde besitzt. Dies ist dann der Fall, wenn die Erde selbst negativ elektrisch ist.

Diese an und für sich leicht zu beobachtende Erscheinung wird nun dadurch sehr complicirt, dass die Werte der auf diese Weise gemessenen Potentialdifferenzen an ein und demselben Orte theils periodischen, theils an kein Gesetz gebundenen Schwankungen unterliegen. Es läge nahe, zu vermuthen, dass diese durch Gestirne, durch die Sonne oder den Mond verursacht werden. Dies ist aber gewiss nicht der Fall, weil die Periodicität der luftelektrischen Variationen keinen directen Zusammen-

hang mit dem Gange dieser Gestirne erkennen lässt. Es gibt also nur noch eine Möglichkeit, nämlich, dass außer an der Erdoberfläche auch bei heiterem Wetter elektrische Ladungen in der Atmosphäre vorhanden sind.

Die Theorien, welche darüber aufgestellt wurden, wie diese Ladungen in die Atmosphäre gelangen, zerfallen in zwei Gruppen.

Nach denjenigen der einen Gruppe tritt durch irgendwelche mechanische oder chemische Vorgänge eine Trennung von positiver und negativer Elektrizität ein, so dass die negative Ladung auf der Erde bleibt und die positive in die Atmosphäre gelangt.

Hierher gehört eine schon von Volta aufgestellte Theorie, nach welcher sich beim Verdampfen des Wassers der Dampf positiv ladet, während die negative Elektrizität auf dem Wasser bleibt und sich von da über die Erde ausbreitet. Da es nicht gelungen ist, eine Elektrizitätsentwicklung beim Verdampfen mit Ausschluss anderer Ursachen zu constatieren, hat man diese Theorie fallen lassen.

Zu dieser Gruppe gehört auch die Theorie, welche in neuester Zeit von Le Cadet aufgestellt wurde, der sich darauf beruft, dass nachgewiesen ist, dass bei allen Verbrennungsprocessen die Kohlensäure positiv, der brennende Körper aber negativ elektrisch wird. Daher soll die Kohlensäure in der Luft Träger positiver Ladungen sein. Die negative Elektrizität gehe von den brennenden Körpern zur Erde über. Unter Verbrennung ist da eine jede Oxydation von Kohlenstoff zu Kohlensäure zu verstehen, es mag dies ein Ver-

brennen mit Flamme, oder eine Fäulnis, oder Atmung sein.

Zur zweiten Gruppe gehören jene Theorien, welche eine negative Erdladung a priori annehmen und einen Übergang derselben in die Atmosphäre voraussetzen.

So nahm Franz Exner an, es nehme der aufsteigende Wasserdampf Elektrizität mit.

Elster und Geitel vermuthen, dass die ultravioletten Sonnenstrahlen eine Ausstrahlung der negativen Erdladung in die Atmosphäre hervorrufen.

Man sieht somit, dass nach den Theorien der ersten Gruppe positive, nach jenen der zweiten Gruppe negative Ladungen in der Atmosphäre vorhanden sein müssen.

Franz Exner, der sich überhaupt vor allen das große Verdienst erworben hat, die Beobachtungen auf luftelektrischem Gebiete in wissenschaftlich methodische Bahnen gelenkt zu haben, sowie besonders Elster und Geitel suchten zunächst durch zahlreiche Beobachtungen an verschiedenen Punkten der Erde Bestätigungen ihrer Theorien zu finden.

Den sichersten Aufschluss über die Frage, welcher Art die Ladungen in der Atmosphäre seien, können aber wohl nur in der Höhe selbst gefunden werden. Exner gab daher eine Methode an, nach welcher derartige Bestimmungen ausgeführt werden. Nach dieser Methode wurden die ersten Messungen von mir in Wien im Jahre 1892, dann von Börnstein in Berlin, von Andrée und le Cadet in Lyon und weitere sieben Untersuchungen wieder von mir angestellt.

Die von Exner vorgeschlagene Methode besteht in Folgendem: Von der Gondel eines Ballons aus werden an Drähten zwei Collectoren herabgelassen, so dass diese eine passende Höhendifferenz einnehmen. Der eine Collector wird mit den Blättchen, der andere mit dem isolierten Gehäuse eines Elektroskops verbunden (Fig. 5):

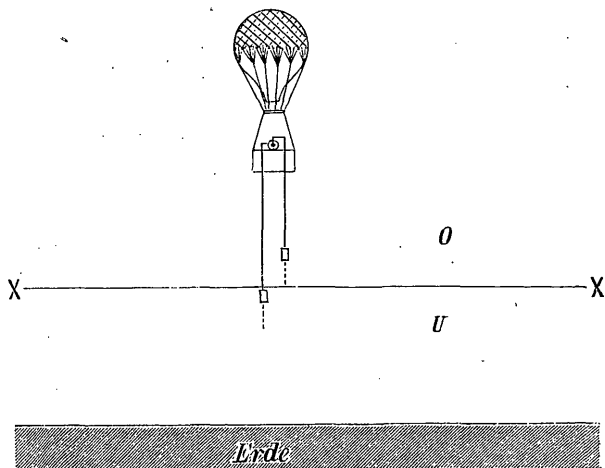


Fig. 5.

Jeder der beiden Collectoren lädt sich auf das Potential, das an dem Punkte herrscht, an welchen sich die Theilchen lostrennen (Satz 6). Somit zeigt das Elektroskop (Satz 8) die Potentialdifferenzen zwischen diesen Punkten an.

Denken wir uns nun, es sei auf der Erdoberfläche negative Ladung und z. B. nach der Exner'schen Theorie

ebenfalls negative Ladung in der Atmosphäre an den Wasserdampf gebunden, der vorwiegend die tieferen Luftschichten erfüllt. Es ist dann in der durch Fig. 5 dargestellten Lage des Ballons die negative Erdladung und der negativ elektrische Wasserdampf bis zur Linie XX unter den Collectoren. Diese Elektrizitätsmengen unterstützen sich in der Bildung der Potentialdifferenz zwischen den Collectoren. Je höher also der Ballon steigt, desto mehr negativer Dampf wird unter X X sein, und desto größer wächst die Potentialdifferenz.

Ist dagegen die Atmosphäre positiv elektrisch, die Erde aber negativ, dann wird durch die unter X X befindliche positive Elektrizität in der Atmosphäre die von der negativen Erdladung hervorgerufene Potentialdifferenz vermindert, und dies wird umsomehr der Fall sein, je mehr positive Atmosphäre unter dem Ballon ist.

Wird also die Potentialdifferenz mit wachsender Höhe größer, so ist die Ladung der Atmosphäre negativ, wird sie aber kleiner, dann erhält die Atmosphäre positive Ladungen.

So einfach auf den ersten Blick die Methode dieser Messungen erscheint, so schwierig stellt sich dennoch die exacte Ausführung.

Es würde zu weitläufig sein, wollte ich eine genaue Beschreibung der Versuchsanordnung geben.¹⁾ Ich verwendete bei meinen Messungen durchwegs Wassercollec-

¹⁾ Dieselbe ist in den Sitzungsberichten der kaiserlichen Akademie, Jahrgang 1899, beschrieben.

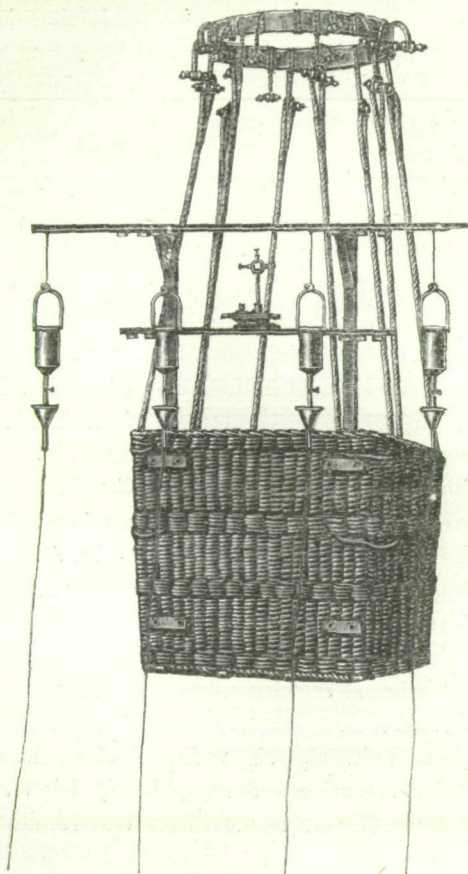


Fig. 6.

toren, da Flammen wegen der leichten Entzündbarkeit des Ballons zu gefährlich schienen. Ich habe hier (Fig. 6) einen Ballonkorb mit meinen Apparaten montiert aufgestellt.

Die Ballonfahrten wurden mir dadurch ermöglicht, dass theils das hohe k. und k. Reichs-Kriegsministerium mir auf Ansuchen der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften die Theilnahme an den militärischen Ballonfahrten in höchst dankenswerter Weise gestattete, theils die kaiserliche Akademie die Kosten bestritt.

Es würde für Sie, verehrte Anwesende, kaum sehr interessant sein, wollte ich Zahlenangaben vorführen. Daher will ich ganz kurz bemerken, dass meine Messungen auf eine positive Ladung in der Atmosphäre hinweisen. Es zeigte sich aber auch, dass eine geringe Zahl von Messungen nicht genügt, ein endgiltiges Urtheil über die aufgestellten Theorien zu fällen. Es wurden noch zu viele bisher unaufgeklärte Unregelmäßigkeiten beobachtet, die möglicherweise die wahren That-sachen entstellen konnten. Andererseits ist klar geworden, dass keine der herrschenden Theorien zur vollständigen Erklärung der luftelektrischen Phänomene ausreicht.

Der Haupterfolg, den ich erzielt zu haben glaube, besteht darin, dass ich eine Messmethode ausgearbeitet habe, nach der mit Sicherheit weitere Messungen angestellt werden können. Weiters habe ich die eventuellen elektrischen Ladungen des Ballons selbst in den Bereich meiner Beobachtungen gezogen.

Es ereignete sich nämlich in den letzten Jahren wiederholt, dass Brände von Ballons ausbrachen. Dies geschah jedesmal bei der Landung und wurde darauf zurückgeführt, dass der Ballon elektrisch geladen sei und ein bei der Berührung des Ventils durch die bei der Landung helfenden Personen überspringender elektrischer Funke das ausströmende Gas entzündete.

Ich konnte bei meinen Fahrten durch die Messungen keine merkliche elektrische Ladung des Ballons nachweisen. Allerdings mag diese sehr wesentlich von der augenblicklichen Beschaffenheit des Ballonstoffes etc. abhängen. Zeigt sich doch bei jeder Elektrizitätserzeugung mit Elektrisiermaschinen, dass diese bald funktionieren, bald versagen, je nachdem die elektricitäterzeugenden Theile sich in einem günstigen oder ungünstigen Zustande befinden.

Doch glaube ich nicht, dass die die Zündung verursachende Ladung etwa durch Reibung der Theile des Ballons aneinander oder an der Luft hervorgebracht wird. Mir scheint die folgende Erklärung viel entsprechender: Die erwähnten Brände wurden meines Wissens ausschließlich an Captivballons beobachtet. Ein solcher ist von einem Stahldrahtseile gehalten, welches am Ringe befestigt ist. Von hier aus führen zahlreiche Hanfschnüre zum Netze, welches den ganzen Ballon umspannt. Der Ballon ist also in seiner hohen Position durch das Stahldrahtseil mit der Erde leitend verbunden und muss, so wie die hochgehobene Kugel Dellmanns, dasselbe Potential wie die Erde besitzen. Die dazu erforderliche Ladung

vertheilt sich sehr rasch in dem gut leitenden Stahlseile. Dagegen kann sie sich nur sehr langsam über die Hanfschnüre und den Ballonstoff verbreiten, da dies schlechte Elektrizitätsleiter sind. Immerhin wird die erforderliche Ladung auch hier auftreten, wenn der Ballon lang genug oben bleibt. Wird er nun rasch herabgezogen, so kann es sich ereignen, dass die am Ballonstoff und namentlich auf den metallenen Bestandtheilen des Ventils sitzende Ladung nicht rasch genug durch die Hanftaue ihren Rückweg findet und der Ballon mit beträchtlicher Ladung auf der Erde ankommt, wo bei Berührung durch Personen der gefährliche Funke entstehen kann.

Die Gefahr ließe sich übrigens dadurch leicht beseitigen, dass man die Metalltheile des Ventils durch eine Drahtleitung dauernd mit dem stählernen Captivseile verbindet.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1899

Band/Volume: [39](#)

Autor(en)/Author(s): Tuma Josef

Artikel/Article: [Wissenschaftliche Resultate meiner Luftballonfahrten. 369-393](#)