©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Über Gewitter.

Von

Dr. V. Conrad.

Vortrag, gehalten den 8. Januar 1908.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Das Gewitter gehört wohl zu den mächtigsten und großartigsten Erscheinungen, die sich in unserer Atmosphäre abspielen. Wenn ich mir erlaube, in Ihrem Kreise über dieses Thema zu sprechen, so will ich damit sicherlich nicht sagen, daß noch zu wenig über diesen Gegenstand gesprochen oder geschrieben wurde. Aber daß gerade in den Schriften dieses Vereines ein so wichtiges Naturereignis nie behandelt worden ist, hat mich ein bißchen zur Wahl dieses Themas veranlaßt, und namentlich der Umstand, daß gerade in den allerletzten Jahren grundlegende und neue Tatsachen in der Physik gefunden wurden, die geeignet sind, unsere Anschauungen über die elektrischen Erscheinungen in der Atmosphäre von Grund aus umzugestalten und wenigstens die Wege zu weisen, wie es möglich wäre, die Produktion der ungeheuren Mengen von Elektrizität zu erklären, die zur Entstehung des Blitzes unbedingt erforderlich sind. Die Besprechung dieser neueren Forschungsergebnisse soll also jedenfalls den Hauptzweck dieses Vortrages bilden. Bevor wir aber eine Erklärung des Phänomens versuchen, wollen wir dasselbe im allgemeinen und in seinen Details beschreibend betrachten.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Denken wir uns einen heißen Sommertag. Der Morgen und der Vormittag wiesen schon bedeutend hohe Temperaturen mit großer Feuchtigkeit der Luft auf. Die Sonne „sticht". Es wird immer schwüler, bis in den Nachmittagsstunden sich dunkles, dichtes Gewölk am Horizont zeigt. Über demselben sehen wir gewöhnlich einen weißen Wolkenschirm aus leichten, zerfaserten, manchmal strahlenförmig angeordnet erscheinenden Wolken; den Cirrostratusschirm. Der Himmel erhält eine milchigweiße Farbe. Die schwarze Wolkenwand rückt immer höher am Himmel herauf, die Sonne wird durch dieselbe verdunkelt. Der Wolkenwulst hat sich nun bis zur halben Höhe des Himmels hinaufgeschoben. Er hat eine mächtige Breite, doch sehen wir unter ihm durch eine licht- bis dunkelgraue einförmige Fläche. Rasch rückt nun erst der Cirrostratusschirm in das Zenith, das nun auch bald von der schwarzen Wolke erreicht wird. Während früher eine geradezu unheimliche Windstille geherrscht hatte, setzen nun einige scharfe Windstöße ein, die Bäume beugen sich zur Erde, schwere Staubmassen werden von der trockenen Straße aufgewirbelt, das Tageslicht wird stark verdunkelt, die schweren Wolkenmassen nehmen eine gelbliche Färbung an. Es fallen die ersten schweren Tropfen auf die ausgetrocknete Erde, denen bald der erste Blitzstrahl folgt. Während der Donner schon früher ferngrollend sich hören ließ, folgt er nun rasch und laut krachend jedem neuerlichen Blitze; der Regen strömt reichlich aus den Wolken herab — das Gewitter ist in vollem Gange.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Blitz folgt auf Blitz, der Donner hört nicht auf zu rollen und zu krachen. Gewöhnlich wird dieses Rasen der Natur nicht allzulange anhalten, und, je nach der Art des Gewitters, wird demselben bald wieder Sonnenschein und blauer Himmel, manchmal aber auch langandauernder Landregen folgen.

Wenn wir uns so den Verlauf eines Gewitters ein wenig vergegenwärtigen, so können wir folgende Merkmale dieser Naturerscheinung besonders hervorheben: 1. Regen, Graupel oder Hagel, also Niederschlag, 2. Blitz und Donner.

Will man diese einzelnen Erscheinungen des Gewitters ein wenig näher betrachten, so wird man gut tun, mit Blitz und Donner zu beginnen, wenn auch, wie gleich von vornherein bemerkt werden möge, der Niederschlag das Primäre, das Elektrizitätserzeugende bei einem Gewitter ist.

Die bekannteste Art der Blitze ist der sogenannte Zickzackblitz oder besser Linienblitz genannt, da die Zickzackform wohl nur subjektiv ist. Es scheint hier überhaupt die Stilisierung durch Maler und Zeichner die Zickzackform des Blitzes förmlich eingeführt zu haben. Diese Art der Blitzentladung geht so ungemein rasch vor sich und blendet das Auge derart, daß hier die direkte Beobachtung nur wenig Erfolg hat. Über die Form der Linienblitze hat uns erst die Photographie unterrichtet.

Soviele Blitzphotographien bis jetzt auch gemacht worden sind, keine einzige hat noch einen Blitz mit eckiger Form gezeigt. Die Linie desselben ist geschlängelt

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

und verzweigt sich in viele Äste, so daß die Blitzbilder vollends einem großen Strome gleichen, der sich nach rückwärts in viele kleinere Flüsse teilt.[1])

Während wir so durch die Photographie die wahre Form der Blitze kennen gelernt haben, hat dieselbe auch gezeigt, wie die Blitzentladung eigentlich vor sich geht. Wenn man nämlich die Kamera während der Aufnahme her und hin bewegt, so müßte man bei der raschen Blitzentladung höchstens eine Verbreiterung der Blitzlinie erhalten. In Wirklichkeit sieht man jedoch auf solchen Aufnahmen eine ganze Reihe nebeneinanderliegender Entladungslinien, von denen die erste die kürzeste, die letzte der voll ausgebildete Blitz ist. Was hier auf der photographischen Platte räumlich nebeneinander ist, geschieht in der Natur zeitlich nacheinander. Wenn wir uns ein solches Bild betrachten, so kommt uns sofort der Gedanke, daß der Blitz nicht auf einmal die gesamte Luftstrecke zu durchschlagen imstande ist — die erste Entladung ist relativ kurz, die nächste schon etwas länger usf., bis es schließlich zum endgültigen Blitzstrahl kommt, der dann die Erde oder die nächste Wolke erreicht, d. h. es scheint, wie wenn die vorhergehenden Entladungen erst den Weg bahnen müßten, der dann von der Hauptentladung eingeschlagen wird. Dieselben Erscheinungen kann man auch bei den Funkenentladungen beobachten,

[1]) Es wäre freilich nicht ausgeschlossen, daß Schlingen in der Blitzbahn, die oftmals schon photographiert worden sind, bei geeigneter perspektivischer Verkürzung den Eindruck des Eckes machen können.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

die von den großen Influenzmaschinen und Induktorien gewonnen werden.

Was die Dauer der Blitzentladungen betrifft, so hat Dufour in Lausanne dieselbe gemessen, indem er eine weiße Scheibe mit schwarzem Kreuze hundertmal in der Sekunde während eines Nachtgewitters rotieren ließ und die Zahl der Umdrehungen zählte, die durch das Licht einer Entladung sichtbar wurden. Mit dieser Methode fand Dufour eine Anzahl von Blitzen, bei denen die Scheibe still zu stehen schien, er nennt dieselben momentane. Bei einer zweiten Art schien die Scheibe ebenfalls still zu stehen, doch erfolgte eine Serie von Entladungen in minimalen Zeitabschnitten aufeinander. Die dritte Art könnte man verzögerte Blitze nennen, da dieselben mehrere Zehntelsekunden währen.

Auch die Farbe der Blitze weist beträchtliche Verschiedenheiten auf. Elster und Geitel unterscheiden vor allem rötliche und bläuliche Blitze. Gehen die Blitze von der Erde aus zur Wolke, so sind sie rötlich, bei der umgekehrten Richtung bläulich. Die genannten Forscher haben diese Beobachtung noch durch Versuche im Laboratorium erhärtet. Aus den magnetischen Wirkungen an Basaltstücken haben Toepler und Pockels eine wohl allgemein interessante Größe berechnet, nämlich die Stromstärke der Blitzentladung. Sie fanden, daß dieselbe mindestens 20.000 Ampère betragen müsse. Diese Zahl kann man erst schätzen, wenn man erfährt, daß ein großer Tramwaywagen mit 50 Ampère zum Anfahren gebracht wird.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Über die Länge der Blitze sind ebenfalls eine Reihe von Beobachtungen gemacht worden. Blitze, die von den Wolken zur Erde schlagen, sind selten länger als 2 bis 3 *km*, dagegen solche, die von Wolke zu Wolke gehen, erreichen manchmal ganz bedeutende Längen. So gibt Hann in seinem Lehrbuche der Meteorologie eine Beobachtung von einem Berggipfel wieder, bei der eine Blitzlänge auf ca. 50 *km* geschätzt wurde.

Nun wollen wir noch kurz jene Entladungsarten der Gewitterelektrizität erwähnen, die unvergleichlich seltener sind als der eben besprochene Linienblitz.

Demselben am ähnlichsten ist der Perlschnurblitz. Eine merkwürdige Erscheinung, bei der die Blitzlinie in lauter Punkte zerlegt ist und so das Aussehen einer Schnur leuchtender Perlen erhält.

Blitze, die ein allgemeines Aufleuchten der ganzen Wolke bewirken und wohl durch die sogenannte Glimmentladung erklärt werden können, nennt man Flächenblitze.

Die merkwürdigste Blitzform, deren Existenz sogar lange bezweifelt wurde, ist der Kugelblitz. Er besteht in einer kugelförmigen, sich langsam bewegenden Leuchtmasse, die manchmal laut- und spurlos verschwindet, manchmal aber unter lautem Knall explodiert und Schaden anrichtet. Erst Toepler ist es gelungen, ähnliche Phänomene mit großen Influenzmaschinen herzustellen. Er erklärt diese geradezu mysteriöse Erscheinung mit Lichtschichtung und Leuchtmassebildung in dem von einem Linienblitz durchschlagenen Kanal, in dem die

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Elektrizität bedeutend besser geleitet wird als in gewöhnlicher Luft.

Wir wollen noch das St. Elmsfeuer kurz erwähnen. Auf Bergspitzen und Schiffmasten sieht man ziemlich häufig bei Niederschlägen und Gewittern alle Spitzen der Gebäude, die Haare des Menschen, die Fasern des Flausrockes usf. mit kleinen gespenstischen, zischenden Lichtlein besetzt — dem St. Elmsfeuer. Wir haben es hier mit einem ganz langsamen Ausgleich der Elektrizität zu tun, mit einem Spitzenstrom. Es gibt nach v. Obermayer zwei Arten des Elmsfeuers: ein positives — ein großes rötliches Lichtbüschel auf langem Stiele, und ein negatives kleines bläuliches Büschelchen ohne Stiel.

So hätten wir denn die Entladungsformen der Gewitterelektrizität beschrieben und bevor wir zur Erklärung der Entstehung derselben übergehen, erübrigt es noch, einige Worte über die Folgeerscheinung des Blitzes, den Donner, zu sagen.

Wie jeder elektrische Funke, so muß natürlich auch der elektrische Funke im großen Maßstabe — der Blitz — ein starkes Geräusch erzeugen. Der Beobachter, in dessen Nähe der Blitz einschlägt, hört nur einen scharfen Schlag. Weiter entfernte Blitze erzeugen erst das bekannte Rollen des Donners. Das Blitzgeräusch können wir uns leicht erklären, wenn wir denken, wie intensiv die Luft im Blitzkanale erhitzt und zur Seite geschleudert wird. Nach dem Blitz muß die so verdichtete Luft wieder zurückstürzen, sich selbst komprimierend,

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

wird wieder auseinandergetrieben usf. Kurz, es entstehen Verdichtungen und Verdünnungen der Luft, Schallwellen. Wir haben einerseits gehört, daß die Linienblitze ungemein lang sind, andererseits, daß sie eine Menge Verästelungen aufweisen. Das Licht wird im Moment seines Entstehens gesehen, der Schall dagegen legt nur $^1/_3$ *km* in der Sekunde zurück. Bei einem nur 2 *km* langen Blitze werden also 6 Sekunden lang die durch denselben entstehenden Schallwellen unser Ohr treffen. Denken wir uns noch die vielen Interferenzen der Schallwellen, die durch die verschiedenen Blitzäste erzeugt werden, so wird uns das Anschwellen und Abschwächen des Donners — das Rollen des Donners — erklärlich. Dazu kommt noch das Echo und der Widerhall an den irdischen Objekten.

Nur nebenbei mag bemerkt werden, daß man den Donner lange nicht so weit hört, als man gewöhnlich anzunehmen geneigt wäre. Nach vielen Beobachtungen scheint die längste Zeit, die im Durchschnitt zwischen Blitz und Donner verstreicht, 70 Sekunden zu sein. Das heißt, man hört den Donner nicht über 21 *km*. Geschütze hört man viel weiter. So z. B. wurden die Geschützsalven bei den Leichenfeierlichkeiten der Königin Viktoria von England bis zu 140 *km* weit gehört. Es mag dies davon kommen, daß der Donner ziemlich hoch in der Atmosphäre entsteht und die Schallstrahlen daher aus der dünneren in die dichtere Luft übergehen müssen und dabei stark abgelenkt werden.

Damit hätten wir die elektrischen Erscheinungen des Gewitters skizziert und wir können zur Frage über-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

gehen, wie man sich denn überhaupt das Zustandekommen der elektrischen Phänomene in der Atmosphäre denken kann.

Die ersten, die überhaupt die elektrische Natur des Blitzes nachgewiesen haben, waren Benjamin Franklin in Amerika und de Romas in Frankreich. Der endlose Prioritätsstreit, der zwischen diesen beiden Forschern ausbrach und der heute noch zwischen Amerikanern und Franzosen geführt wird, tut ja weiter nichts zur Sache. Tatsächlich werden beide wohl vollkommen unabhängig voneinander diesen ungeheuren Schritt im Naturerkennen getan haben. Die Methode der beiden war so ziemlich identisch. Sie ließen vor dem Gewitter Drachen steigen, die an eine leitende Schnur gefesselt waren. Aus dem Ende der Schnüre, welche mit einer isolierenden Handhabe gehalten wurden, ließen sich mächtige Funken ziehen. Beide Beobachter identifizierten diese Funken mit jenen, die man aus dem Konduktor einer Elektrisiermaschine erhält. Später nahm Le Monnier die Versuche von de Romas und Franklin auf, stellte sie auch bei heiterem Himmel an und fand, daß man auch dann elektrische Entladungen aus dem Ende der Drachenschnur gewinnen kann. Damit war ein zweiter großer Schritt getan: es war festgestellt, daß sich die Atmosphäre, wenn man so sagen darf, in einem konstant elektrischen Zustande befindet.

Zur ständigen Beobachtung war nun der Drache ein recht unbequemes Hilfsmittel, das namentlich bei Windstille völlig versagte. Beccaria hat sich das große Ver-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

dienst erworben, die luftelektrischen Beobachtungen von dem Drachen emanzipiert zu haben. Statt den Draht an den schwankenden, unsicheren Drachen zu hängen, befestigte er ihn isoliert an einer Kirchturmspitze und beobachtete unten.

In der nun folgenden Zeit haben Cavallo, Saussure und Volta das Beobachtungsinstrumentarium gänzlich umgestaltet und wirklich brauchbar gemacht. An die Stelle der Kirchturmspitze traten erst Stangen mit Spitze, dann *Lunten und Flammen, die die Elektrizität sammeln sollten,* an Stelle des Funkenziehens ein Meßapparat, das Strohhalmelektroskop, das schon relativ kleine elektrische Spannungen dem Auge zeigte.

Es ist nicht möglich, im engen Rahmen eines solchen Vortrages auch nur annähernd die Geschichte der luftelektrischen Messungen zu skizzieren, und wir wollen daher ein Jahrhundert der Forschungsarbeit überspringen und uns nur ein wenig den Stand der heutigen Theorie der Luftelektrizität vor Augen führen, um so auf die Erklärung der Gewitterelektrizität zurückzukommen.

Nachdem es dem erst jüngst verstorbenen Lord Kelvin gelungen war, die Grundlage für Apparate zu schaffen, die imstande waren, die Größe der elektrischen Spannung zwischen der Erde und einem Punkte in der Atmosphäre automatisch und kontinuierlich aufzuzeichnen, nachdem Fr. Exner ein leicht transportables Instrumentarium zur Messung dieser Spannung, die wir auch Potentialgefälle nennen, geschaffen und durch Aufstellung

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

einer grundlegenden Theorie System in die Forschung gebracht hatte, waren erst die Fundamente für weit ausreichende Beobachtungen gegeben. Diese wurden denn auch zu allen Tages- und Jahreszeiten an vielen Punkten der Erde angestellt. So verschieden auch die Resultate in ihren Einzelheiten ausfielen, lieferten sie doch ein fundamentales Ergebnis: überall zeigte es sich, daß bei reiner Luft und schönem Wetter die Luft der Erde gegenüber positiv elektrisch oder umgekehrt, daß die Erde gegen die Luft negativ elektrisch sei! Das heißt nichts anderes, als daß die Erde positiv geladene Körper anzieht, negativ geladene abstoßt, gerade so wie ein geriebener Hartgummistab negativ geladene Papierschnitzchen wegzustoßen trachtet, während er positive anzieht.

Nur nebenbei sei bemerkt, daß wir zur Überwindung der Abstoßungs- und Anziehungskräfte natürlich eine gewisse Arbeit brauchen. Jene Arbeit, die wir benötigen, um einen mit der Einheit der positiven Elektrizität geladenen Körper von 1 *m* auf 2 *m* Höhe vom Erdboden zu bringen, nennen wir die Potentialdifferenz zwischen diesen beiden Punkten.

Ein solcher Raum, in dem ein elektrisches Potentialgefälle herrscht, heißt ein elektrisches Feld. Jeder elektrisch geladene Körper erzeugt ein solches Feld, wie wir ja wissen, wenn wir uns nur an die Schulversuche mit elektrisch geladenen Konduktoren erinnern. Es ist also nur ein Schritt von unseren Beobachtungsresultaten zu dem Schlusse, daß der Erde, die ja auch nur eine große Kugel ist, eine konstante, negativ elektrische Ladung zukommt. Dabei ist freilich vorausgesetzt, daß die

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Luft ein Isolator ist, d. h. ein Körper, der nicht imstande ist, die Elektrizität zu transportieren. Wäre nämlich die Luft kein Isolator, so ist ja von vornherein einzusehen, daß die Erde in mehr oder minder kurzer Zeit ihre Ladung verlieren würde, daß also ihr elektrisches Feld verschwinden müßte. Nun haben aber Elster und Geitel durch ihre Versuche nachgewiesen, daß ein gut isoliert aufgestellter elektrisch geladener Körper, den man der Luft aussetzt, seine Ladung allmählich einbüßt. Im Zusammenhange mit den modernen Forschungsresultaten der Physik konnte diese Erscheinung einzig dadurch erklärt werden, daß die atmosphärische Luft kleinste Teilchen enthält, die Träger positiver und negativer Elektrizität sind. Diese Teilchen werden Ionen genannt.

Die Anwesenheit dieser Ionen angenommen, erklärt sich nun der Elektrizitätsverlust des geladenen Körpers von selbst. Der z. B. negativ geladene Körper zieht die positiven Ionen an, welche dann allmählich die Ladung des Körpers aufheben. Dieser Vorgang wird also einem Elektrizitätstransport in der Atmosphäre entsprechen. Elster und Geitel haben nun noch eine weitere Tatsache gefunden, die von ausschlaggebender Bedeutung ist. Den früheren Ansichten entgegengesetzt, fanden sie nämlich, daß der Elektrizitätsverlust des geladenen Körpers oder, wie sie es nannten, die Zerstreuung der Elektrizität, bei reiner, klarer Luft am größten war, während sie bei trüber, nebliger Atmosphäre sogar auf Null herabsinken konnte. Es kommt dies daher, daß die Ionen an den Staub- und Wasserpartikelchen der trüben Luft

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

förmlich hängen bleiben (Ionenadsorption), so ihr selbständiges Dasein einbüßen und nicht gegen den geladenen Körper wandern können. Merkwürdigerweise werden die beiden Ionenarten nicht in gleicher Art von den verschiedenen Trübungspartikeln aufgefangen; die negativen Ionen werden bedeutend leichter abgefangen als die positiven, so daß man bei eintretender Trübung einen Überschuß von positiven, selbständigen Ionen wird erwarten können. Zu unserem anfänglichen Gesichtspunkte zurückkehrend, müssen wir also sagen, daß die Annahme einer einmal vorhandenen negativen Erdladung zur Erklärung des effektiv beobachteten Erdfeldes keineswegs ausreichen kann, da ja die Erdladung infolge der Zuwanderung von positiven Ionen zerstreut würde. Wir könnten jetzt die Frage umdrehen und sagen, vielleicht gibt es doch eine konstante, negative Erdladung? Wenn dieselbe auch durch Zuwanderung der positiven Ionen vermindert wird, so bleibt der Rest erhalten, wenn einmal alle positiven Ionen gebunden sind. Damit müßte aber das Phänomen der Zerstreuung wieder sein Ende finden. Dies würde nun aber wiederum der direkten Beobachtuug widerstreiten, trotzdem nicht nur dieser Vorgang unbedingt stattfinden muß, sondern die momentan bestehenden Ionen auch durch Wiedervereinigung (positive und negative) und Adsorption ihr selbständiges Dasein vielfach verlieren müssen.

Wir sehen also, daß in der Natur sich unbedingt Energiequellen finden müssen, die in der atmosphärischen Luft immer wieder selbständige Ionen erzeugen — die Luft ionisieren.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Wirklich hat man solche konstant wirkende Ionisatoren der Luft gefunden. Das jetzt so viel besprochene und berühmt gewordene Radium hat die Eigenschaft, die Luft zu ionisieren, sie elektrisch leitend zu machen.

So schwer es auch ist, reine Radiumpräparate in konzentrierter Form und größerer Menge herzustellen, so ist doch das Radium, respektive radioaktive Substanz der weitverbreitetste Stoff, wenn er auch noch so fein über die Erde verteilt ist. In jedem Stück Erde, nahezu in jedem Stein, in jedem Wasser, natürlich mit den größten graduellen Unterschieden, finden wir radioaktive Substanzen. Die Luft, die aus dem Erdboden durch die Schwankung des Luftdruckes und der Temperatur gezogen wird, enthält Gase, die von den radioaktiven Substanzen des Bodens ausgeschieden werden: die radioaktive Emanation. Schon die aus dem Boden dringende Luft muß denselben, wie ja jetzt klar ist, ionisiert verlassen, ja noch mehr: wenn wir uns an die merkwürdige Verschiedenheit der beiden Ionengattungen erinnern, so werden wir die von Ebert aufgestellte Theorie begreifen, daß die Bodenluft, einmal ionisiert, vor allem ihre negativen Ionen bereits teilweise in den Kapillaren des Erdbodens abgeben und ein beträchtlicher Überschuß von positiven Ionen an die äußere Luft treten wird.

In der Ebertschen Theorie sehen wir also den ersten Faktor angeführt, der eine Trennung der Ladungen hervorruft, wodurch die Erde eine negative Ladung erhält, während in die umgebende Luft ein Überschuß an positiver Ladung geht. Wenn sich dieser Vorgang vielleicht

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

nur auf die unteren Schichten der Atmosphäre beschränken wird, wird die radioaktive Emanation erst durch Vertikalströmungen der Luft, dann durch Diffusion wohl bis in die höchsten Schichten der Atmosphäre eindringen und dieselbe ionisieren.

Nur mit der Kenntnis dieser Prinzipien ausgestattet, sehen wir, daß es in der Atmosphäre schon bei der Bildung einer Dunstschichte zu starken Störungen des normalen elektrischen Erdfeldes kommen kann. Die negativen Ionen werden ja von der Erde wegstreben, während die positiven von derselben angezogen werden. Die aufwärtssteigenden negativen Ionen werden daher an der Unterseite der Dunstschichte, die abwärtsgehenden positiven an der Oberseite derselben adsorbiert werden. Es wird also zu einer bedeutenden Verstärkung des Potentialgefälles in der Dunstschichte kommen.

Bis jetzt haben wir die luftelektrischen Verhältnisse besprochen, wie sie vom „schönen Wetter“ bedingt werden. Bevor wir jedoch zu unserem eigentlichen Thema der Elektrizitätsbildung bei Niederschlag endgültig zurückkehren, müssen wir noch einen kleinen Exkurs auf ein anderes Gebiet machen.

In erster Annäherung nimmt man gewöhnlich an, daß die Luft bei einer bestimmten Temperatur nur eine ganz bestimmte Menge Wasserdampf in Lösung enthalten kann. Ist einmal soviel Wasserdampf, als bei dieser Temperatur möglich, in der Luft enthalten, und wird die Temperatur nun erniedrigt, so sollte der überschüssige Wasserdampf in flüssiger Form ausfallen: es müßte sich Konden-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

sation bilden; Niederschlag müßte eintreten. Dies ist jedoch nicht ohneweiters der Fall. Man hat nämlich gefunden, daß sich das Wasser nur dann in flüssiger Form abscheiden kann, wenn sich die Flüssigkeitshäutchen um kleine Partikelchen — Kerne — herumlegen können. Solche Kerne finden sich in den unteren Schichten der Atmosphäre in Form von Staubpartikelchen in ungemein großer Anzahl vor. Aitken hat gefunden, daß z. B. in Städten die Zahl derselben einige Hunderttausende im Kubikzentimeter Luft erreicht. Auch in reinster Land- und Bergluft gibt es noch viele Hunderte in demselben Quantum.

Es ergibt sich also, daß es in den untersten Luftschichten trotz der genannten Schwierigkeit bei genügender Abkühlung zur Kondensation kommen wird. In der Natur wird die Abkühlung der Luft — wenn wir die großen Niederschlagsprozesse berücksichtigen — einzig dadurch bewirkt, daß die Luft zum Aufsteigen gezwungen wird; die Ausdehnungsarbeit, die die Luft leisten muß, wenn sie von den dichteren unteren in die dünneren oberen Schichten kommt, kann nur auf Kosten ihres Wärmeinhaltes gehen, sie muß sich abkühlen. Nehmen wir also einen solchen aufsteigenden Luftstrom an, so wird vor allem die Kondensation an den Staubkernen stattfinden; es wird zur Wolkenbildung kommen. Durch diesen Prozeß wird nun der aufsteigende Luftstrom sämtliche Staubpartikelchen ausscheiden. Der weiter empordringende Luftstrom wird sich natürlich immer mehr abkühlen, aber trotzdem bereits viel mehr

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Wasserdampf in der Luft enthalten ist, als ihrer Temperatur entspricht, wird es dennoch nicht zur Kondensation kommen können, da ja die zu derselben unbedingt notwendigen Kerne mangeln. Es scheint nun C. T. R. Wilson diese neue Schwierigkeit überwunden zu haben. Wilson fand nämlich bei Laboratoriumsversuchen, daß auch in kernfreier Luft Kondensation eintreten kann, wenn mindestens viermal so viel Wasserdampf in der Luft enthalten ist, als normalerweise der Sättigung entspricht. Ist einmal diese sogenannte vierfache Übersättigung vorhanden, dann geben die negativen Ionen Kondensationskerne ab. Erst wenn eine sechsfache Übersättigung erreicht ist, wird sich die Kondensation auch an den positiven Ionen bilden. Unser Luftstrom wird also, falls er genügend intensiv ist, so hoch aufsteigen, beziehungsweise sich so weit abkühlen müssen, bis die vierfache Übersättigung erreicht ist. In diesem Momente wird dann die Kondensation plötzlich an den negativen Ionen stattfinden müssen. Wir sehen hier, wie die Trennung von positiven und negativen Ladungen vor sich geht, indem ja jetzt nahezu sämtliche negative Ionen, durch Tröpfchen beschwert, als Wolke in die Tiefe sinken müssen.

Die Potentialdifferenzen wachsen außerordentlich stark an, sowohl zwischen der negativen „Ionenwolke“ und dem oberen Rande der „Staubwolke“, der ja wie die Dunstschichte eine große Menge von positiven Ionen adsorbiert hat, als auch zwischen der negativen Ionenwolke und den oben verbleibenden positiven Ionenladungen.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Es wird zu Spannungen von vielen Millionen Volt kommen, bis dieselben sich gewaltsam ausgleichen: es tritt die Blitzentladung ein. In reichlichem Regen werden die negativen Ionen im Überschusse zur Erde zurückgelangen, die Erde erhält erneut ihre negative Ladung. Der Kreislauf der Elektrizität in der Atmosphäre ist geschlossen.

Ich habe Ihnen hier ein schönes Bild vor Augen geführt, welches Ihnen in logischer Weise den Elektrizitätshaushalt in der Natur erläutern soll. Ich hoffe, daß Ihnen die Schönheit dieses Bildes nicht getrübt wird, wenn ich Ihnen sage, daß wir hier mitten in neuester Forschung stehen geblieben sind. Niemand noch hat so ungeheure Übersättigungen in der Atmosphäre nachgewiesen. Hier ist für fernere Forschung noch weitester Spielraum übrig. Hoffen wir, daß auch auf dem Gebiete der Luftelektrizität Goethes Wort sich bewähren wird: „Wer immer strebend sich bemüht, den können wir erlösen.“

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: 1908

Band/Volume: 48

Autor(en)/Author(s): Conrad Victor (Viktor)

Artikel/Article: Über Gewitter. 215-234