

Ueber Hagelbildung.

Von

Prof. H. Fritz.

Versuche zur Erklärung der Entstehung des Hagels sind nicht neu und so häufig wiedergekehrt, dass es schwierig wäre, Neues dabei zur Verwendung zu bringen. Wenn wir in Folgendem, wie schon Anaxagoras (500 v. Chr.), annehmen, dass die Wolken, — resp. die Wasserdünste — nach oben in kalte Regionen steigen, damit die Körner aus grosser Höhe fallen können (was dann Aristoteles bestritt), so benützen wir damit die namentlich von Hann, Reye, Weilenmann u. A. ausgebildete Theorie des aufsteigenden Luftstromes, welchen schon 1838 Oersted zur Erklärung der Hagelbildung benutzte, und folgen den genannten sogar in Bezug auf ihre Ansicht über die Bildung des Hagels. Wenn wir nun dazu, als zweite Bedingung zur Hagelbildung, noch in der Atmosphäre schwebende Wasserbläschen oder Wasserkügelchen in überkühltem Zustande verlangen, so widersprechen wir weder der Beobachtung, noch bringen wir damit eine neue Annahme, da schon Schwaab 1844, Vogel 1849, dann Nöllner, Mohr, Dufour, Schweder u. A. bei ihren Theorien über die Hagelbildung Wasserdampf in überkühltem Zustande annahmen.

Wir sind der Ansicht, dass mit beiden Annahmen der Natur der Hagelbildung besser entsprochen wird, als

mit allen mehr oder minder künstlichen Hypothesen die ersonnen wurden und können uns nur denjenigen anschliessen, welche die gleichen Ursachen annehmen. Bleiben auch bei den Details der Hagelbildung noch manche Fragezeichen und Wenn und Aber stehen, so gestattet doch eine auf obige Annahmen gegründete Hageltheorie die Erklärung des grössten Theiles der bei der Hagelbildung auftretenden Einzelheiten.

Der aufsteigende Luftstrom kann lokal und nur auf beschränktem Raume auftreten oder er bewegt sich in mehr oder weniger von der geraden Linie abweichenden Bahnen, wie dies bei den Hagelfällen bald in der einen, bald in der andern Weise beobachtet wird, wobei mit dem Aufsteigen der Luftmassen Abkühlung derselben und Niederschlag des Wasserdampfes eintritt. Beides sind Hauptbedingungen für die Bildung des Hagels.

Ueberkühlung des Wassers entsteht unter dem Einflusse der Luftverdünnung und Ruhe; weit mehr aber in Folge gestörter Beweglichkeit der Flüssigkeit durch Bildung kleiner hohler oder voller Wasserkügelchen, deren Beweglichkeit durch die oberflächliche Zähigkeit derartig vermindert ist, dass solche selbst bei grosser Winterkälte aus flüssigem Wasser bestehenden Nebelbällchen selbst wie kleine elastische Bälle an fremden Körpern oder von einander abspringen (Mousson, Physik), bleibt das aus dem Wasserdampfe gebildete Wasser trotz der niedern Temperatur flüssig — überkühlt —, wenn längst die Gränzen überschritten sind, innerhalb welchen Wasser unter andern Umständen zu Eis würde. Dass ausser bei den genannten Nebeln Wasser in überkühltem Zustande in der Atmosphäre häufig vorkommt, beweisen die Beobachtungen beim Aufsteigen im Luftballon und das viel-

fach beobachtete Gefrieren von Regen beim Auffallen auf feste Körper, auf Kleider, Regenschirme, also nicht nur auf den kalten Boden, wenn, namentlich im Frühjahre, nach starker Kälte plötzlich die Lufttemperatur in die Höhe gegangen ist. Ein solcher sehr überraschender Regenschirmfall fand 1859 im Frühjahr in Köln statt, wobei die Regenschirme derartig mit Eiskrusten überzogen waren, dass sie ohne Gefahr für den Ueberzug nicht geschlossen werden konnten. Als Beispiel für den überkühlten Zustand des Wassers in der Atmosphäre sei aus den vielfach citirten Ballon-Beobachtungen von Barral und Bixio angeführt, dass 1850, Juli 27., die Temperatur zu Paris 19° C., in 1950 met. Höhe, beim Beginne der Wolken $+ 9^{\circ}$ betrug. Bei etwa 3600 met. fiel die Temperatur auf 0° , bei 5850 met. und nahe $- 10^{\circ}$, begannen die Eiskrystalle, bei etwas über 6200 met. und bei $- 24^{\circ}$ hörte die Wolkendecke auf, wobei dann bis 6825 met. die Temperatur auf $- 39^{\circ}$ sank. In einer Schichte von etwa 2250 met. (5850—3600) befanden sich demnach die in der Luft schwebenden Wassermassen in überkühltem Zustande. Aehnliche Beobachtungen liegen von andern Ballonfahrten, wie von Bergbesteigungen vor.

Die überkühlten Wassermassen befinden sich in einem labilen Gleichgewichtszustande, der durch Druckveränderung, Erschütterung, durch Anstossen an feste Körper, vielleicht auch durch uns noch unbekannt Ursachen aufgehoben werden kann. Die plötzliche Umbildung von überkühltem Wasser in Eis können wir durch physikalische Versuche nachweisen. Für die plötzliche Umbildung sprechen ferner das Gefrieren des Regens und Nebels beim Auffallen und Anstossen an feste Körper, wie oben schon angeführt oder wie wir im Winter an dem

Reife wahrnehmen können, der sich aus Nebel bildet; speziell aber zu unserm Zwecke durch direkte Beobachtungen bei Hagelwettern selbst. Bei dem grossen Lievland durchziehenden und sehr beschädigenden, mit heftigen Wirbelstürmen auftretenden Hagelwetter vom 22. Mai 1872 fielen, vom Sturme emporgehobene Baumzweige und Schindeln mit Eiskrusten bedeckt aus der Luft zurück. (G. Schweder, in Arbeiten d. naturforsch. Vereins zu Riga, N. F., Heft 5, 1873). Nach Maternus von Cilano enthielt im Trier'schen gefallener Hagel als Kern: Spreu (Hamburg. Mag. XVII); in Flandern gefallener Hagel enthielt eine dunkelbraune Substanz (Phil. Trans. Nr. 203); 1755 fiel während eines Ausbruches des Katlegia auf Island ein Hagel, der in jedem Korne etwas Sand oder Asche enthielt (Muncke, Art. Hagel, in Gehler's Wörterbuch d. Phys.) u. s. w. Solche Fälle lassen sich als direkte Beweise dafür ansehen, dass Störungen des überkühlten Gleichgewichtszustandes der Wassermassen auch in der Höhe der Atmosphäre stattfinden, dass somit Hagelerscheinungen auf diesem Wege entstehen können. Dass aber auch Störungen des überkühlten Zustandes vorkommen, deren Ursache nicht ohne Weiteres klar ist, zeigen die Schneefälle aus heiterer Luft, wobei geringe Mengen von Wasserdampf plötzlich zu Eis werden. Einen solchen Schneefall beobachtete Nagy zu O'-Gyalla in Ungarn am 11. Febr. 1875 Abends 11 $\frac{1}{2}$ Uhr bei hellem Himmel mit sehr funkelnden Sternen und bei einer Temperatur von $-7,8^{\circ}$ C. Der gefallene Schnee gab 0,3 mm. Wasser. Existiren nun aber in der Höhe der Atmosphäre feste Körper, die im Stande wären den Gleichgewichtszustand der in jener schwebenden überkühlten Wassermassen zu stören? Unstreitig dürfen wir als solche die in den höhern Regionen

schwebenden Eiskrystalle ansehen. Das Vorhandensein solcher Eiskrystalle wurde oben schon angegeben; wir beobachten dieselben aber auch in den Cirrengewölken. Kämtz sagt schon (Meteorol. B. II): «Fällt eigentlicher Hagel im Sommer, dann überzieht sich, wie vor Gewittern, der Himmel anfänglich mit weissen Cirris; nur bei Stürmen im Frühling oder Winter sah ich es aus einem einzigen schnell in einen Nimbus verwandelten Cumulus auf heiterem Grunde hageln». Ferner sagt er: «Unter den Wolken, welche sich am Tage zeigen, wenn Hagel fällt, macht meistens der Cirrus den Anfang; es zeigen sich einzelne verwaschene Fäden, welche sich immer weiter verbreitend dem Himmel ein weisses Aussehen geben. Diese Cirri, welche meiner Ansicht nach die eigentlichen Hagelwolken sind, bestehen schon aus Schneeflocken, wie es das fast beständige Erscheinen von Höfen in ihnen mehr als wahrscheinlich macht.» Erblicken wir in den Eiskrystallen der Cirri oder der höchsten Wolkenschichten den festen Körper, der den labilen Gleichgewichtszustand der überkühlten Wassertheilchen zu stören vermag, dann müsste der Kern des Hagels aufgelockert, krystallinisch — schnee- oder graupenartig — erscheinen. In der That bestehen die meisten Kerne der Hagelkörner aus undurchsichtigen graupenartigen Gebilden, um welche sich die durchsichtigen Eismassen anschliessen.

Denken wir uns nun durch starke Insolation an irgend einem Punkte der Erdoberfläche einen starken aufsteigenden Luftstrom entstanden, so gelangt derselbe mit stets abnehmender Dichtigkeit und Temperatur und unter steter Abgabe des Wassergehaltes in höhere Regionen und schreitet zu Höhen vor, in welchen der Wasserdampf zuerst stark abgekühlt, dann überkühlt wird und nun durch Störungen

dieses labilen Gleichgewichtszustandes zu Schnee, Graupen (gebaltem Schnee), Riesel oder eigentlichem Hagel (Schlossen) umgewandelt werden muss. Werden die Cirren als aus Eis bestehend angesehen, so dürfen wir dieselben als die Ursache zur Einleitung der Hagelbildung ansehen, um so mehr als sie in Regionen von 4000 bis 7500 Meter (nach Kämtz und Prestel) schweben, in welchen der Luftdruck schon sehr vermindert, die Ueberkühlung also begünstigt ist. Unter der Voraussetzung, dass die Cirrikrystalle die ersten Anfänge der Hagelbildung einleiten, lösen sich eine Reihe der die Hagelbildung betreffenden Fragen in ungezwungener Weise.

Die beiden Punkte, welche bei jeder Hageltheorie am meisten Schwierigkeit bereiten, sind: die starke Abkühlung, welche die Bildung der oft enormen Eisengen ermöglicht und dann die Art und Weise zu ergründen, wie es möglich ist, dass die Hagel zu bedeutender, oft zu fast unglaublicher Grösse anwachsen.

Hinsichtlich der starken Abkühlung müssen wir bedenken, dass für die unteren Schichten der Atmosphäre für je 100 Meter Höhe die Temperatur um etwa $0,7^{\circ}$ (der Theorie nach, wenn keine Condensation des Wasserdampfes eintritt sogar 1°) abnimmt, dass beim Aufsteigen des Luftstromes sich die Luft um ebensoviel abkühlt. Nun wird allerdings bei $+ 20^{\circ}$ der Kubikmeter Luft 17,5 Gramm, bei $- 22^{\circ}$ nur 1,5 Gramm Wasserdampf enthalten, somit wird der aufsteigende Luftstrom durch Niederschlag des Wasserdampfes $16 \times 540 = 8640$ Wärmeinheiten frei machen, die im Stande wären die Temperatur der aufsteigenden und der Luft der Umgebung sehr bedeutend zu erhöhen; allein wir dürfen nicht vergessen, dass die freiwerdende Wärme theils zur Erhöhung der

Geschwindigkeit des aufsteigenden Luftstromes in Arbeit umgesetzt wird und dass der Ueberschuss an freier Wärme rasch an die kältere Umgebung abgegeben wird und dies um so mehr, als nach oben namentlich über der Wolken-
decke die Temperatur rasch sinkt, theils rasch aufgebraucht wird, um die überkühlten oder gar die gefrorenen Wasser-
theilchen nur theilweise in den stabilen oder flüssigen Zu-
stand überzuführen. Findet bei der Störung der über-
kühlten Wassermassen der Uebergang in Eis statt, dann
erhöht die frei werdende Wärme die Temperatur nur auf
 0° . Dass überhaupt eine starke Erwärmung in der Höhe
unmittelbar vor der Hagelbildung nicht stattfindet, dass
die freiwerdenden Wärmemengen rasch absorbirt werden
müssen, zeigt die oft empfindliche Abkühlung die mit dem
Hagelfalle eintritt, die wohl theilweise der beim Fallen
von den Körnern mitgerissenen kalten Luft, grösserentheils
allerdings durch das schon während des Falles durch die
niedereren Regionen eingeleitete, bei höherer Temperatur
im Sommer nach dem Falle sofort beginnende Schmelzen
bedingte Absorbition von Wärme aus der Umgebung zu
erklären ist. Nach Brotze sollen bei einem starken Hagel-
falle zu Riga am 21. Juni 1795 auf der Erde $+ 18^{\circ}$ R.,
auf dem Kirchthurme in 170 Fuss Höhe 3 bis 4° Kälte
gewesen sein. Hierbei mussten demnach die kalten Luft-
schichten sich sehr tief herabgesenkt haben, was sich durch
eine Art saugende Wirkung der dichtfallenden Hagel-
massen erklären liess.

Die Ursache für die Möglichkeit des Anwachsens der
Körner zu oft sehr bedeutender Grösse suchen wir in
Folgendem: 1) Muss die Hagelbildung sehr schnell vor
sich gehen, da im andern Falle Graupen oder Schnee ent-
stehen, also Krystallbildung stattfinden müsste; 2) ver-

mindert der Luftwiderstand, der mit zunehmender Hagelgrösse und Geschwindigkeit wächst, die Fallgeschwindigkeit; 3) wird die Anfangsgeschwindigkeit des fallenden, leichten flockigen Kernes, sowie die Fallgeschwindigkeit der ausgebildeteren Körner, mindestens auf einem grossen Theile der Fallbahn durch den aufsteigenden Luftstrom noch weiter vermindert. Zu berücksichtigen ist auch, dass das spezifische Gewicht der Hagel- und namentlich der Graupenkörner bedeutend geringer ist, als das des Wassers, namentlich wenn die Körner, wie dies häufig beobachtet wird, Luft einschliessen; dass beim Falle durch die Atmosphäre die Körper eine Lufthülle mitführen, die sehr zu berücksichtigen ist; dass somit die Fallgeschwindigkeit die des Regens nicht übertreffen muss. Bestimmte Werthe für die Endgeschwindigkeiten des Hagels lassen sich nicht berechnen, so lange uns die Vorgänge in den höhern Luftschichten unbekannt sind und so lange wir über die Widerstände, welche leichte Körper beim Durchfallen der Luft aus grossen Höhen erleiden, keine genauern Versuchsergebnisse besitzen. Dass Eispartikelchen noch in dünner Luft (bei 6000 met. ist die Dichtigkeit derselben nicht mehr halb so gross als an der Erdoberfläche) zu schweben vermögen, beweisen die Cirren und die oben angeführten Beobachtungen Barral's, u. A. Bei welcher Grösse der Eispartikelchen das Fallen eintritt und mit welcher Geschwindigkeit dies im Anfange geschieht ist unbekannt. Urtheilen wir nach Versuchen mit leichten Körpern, Fallschirmen u. dgl., dann würden unter der Annahme von Körnerdurchmessern von etwa 15 mm. und spez. Gewichten von 0,6 bis 0,8 (die mitgerissenen Lufthüllen mitgerechnet) die Geschwindigkeiten an der Erdoberfläche durch den Luftwiderstand bis zu 35 bis 40 Meter pro Sekunde her-

absinken können. Die Fallzeit aus den Regionen der Cirrigewölke müsste dann, ganz abgesehen von der Retardation durch den aufsteigenden Luftstrom, auf mehrere Minuten ansteigen können, innerhalb welcher Zeit sich die Hagelmassen wohl hinlänglich auszubilden vermögen. Dass solche Endgeschwindigkeiten zu den oft ungeheuern Zerstörungen hinreichen, beweisen Versuche, wo nach dem oben angenommenen Hagel etwa gleich schwere Steine bei 11 met. Endgeschwindigkeit die Pflanzen schon ausehnlich beschädigen und bei sehr geringer Fallhöhe Glasplatten zersplittern.

Der aufsteigende Luftstrom muss am intensivsten beim Beginne des Gewitters sein; er muss somit im Anfange am höchsten aufsteigen, wodurch der Hagelfall im Allgemeinen nur beim Beginne des Gewitters vorkommt. Schreitet der Wirbel fort, so gelangt der aufsteigende Luftstrom stets über neue erhitzte Stellen. So lange dies der Fall ist, muss der Strom möglichst hoch aufsteigen und der Hagel in Streifen und nicht mehr an einzelnen Punkten fallen, bis der Luftstrom entweder nicht mehr hoch genug aufzusteigen vermag, wenn z. B. das überschrittene Terrain weniger erhitzt ist oder wenn in den Höhen die Bedingungen zur Hagelbildung fehlen. Hierdurch erklärt sich die grössere Häufigkeit der Hagelfälle an Küsten, über grossen Thalmulden, oder das seltenere Vorkommen in kühleren Gebirgsthälern oder in der Nähe grosser Waldungen. Wirken die Terrainbildungen auf den sich vorwärts bewegenden aufsteigenden Luftstrom günstig oder nicht, so muss der Hagelfall ebenfalls dadurch vermehrt oder vermindert werden. Uebersteigt der aufsteigende Luftstrom bedeutende Höhen, so wird vor denselben der Hagelfall heftiger sein, als hinter denselben. Letzteres beobachtete Zech in Württemberg. Am Zürcher See entleeren sich

die über den Albis kommenden Hagelwetter heftiger im Knonauer Amte und auf dem rechten Seeufer, als auf dem linken Seeufer, also stets vor der Ueberschreitung der Höhen. Wo mehrere parallele Hagelstreifen auftreten, wie 1788 in Frankreich, 1872 in Lievland, sind dieselben, schon der Zeit des Hagelfalles nach, mehreren Wirbeln zuzuschreiben. Der aufsteigende Luftstrom erfordert hohe Temperaturen des Bodens, wenn er bis zu bedeutender Höhe und mit grosser Geschwindigkeit aufsteigen soll, desshalb müssen Hagelfälle bei Nacht selten, am Nachmittage zwischen 2 und 4 Uhr (für die Schweiz fällt das Maximum zwischen 3 und 4 Uhr) am häufigsten sein; ebenso müssen Hagel im Winter selten, im Sommer, Juni und Juli, häufig sein. In der Schweiz fallen die meisten Hagel während der Monate Mai bis Juli. Im August sind die Luftmassen der Höhe zu sehr erwärmt; es muss der aufsteigende Strom in den meisten Fällen zu hoch aufsteigen, um Hagelbildung zu bewerkstelligen. In hohen Breiten werden nur Graupeln oder höchstens kleine Hagelkörner entstehen können, da der aufsteigende Strom nur zu unbedeutend aufzusteigen hat, um die Bildung grosser Körner, die eine bedeutende Fallhöhe erfordert, zu ermöglichen. In den Tropen ist die Fallhöhe so bedeutend, dass in den meisten Fällen der Hagel in den tiefern Regionen Zeit zum Schmelzen hat. Wir sehen desshalb daselbst in den Höhen häufig Hagel fallen, während die Tiefländer diese Erscheinung fast gar nicht kennen. Die mittleren Breiten werden demnach die Fallgebiete der Hagel sein. Gerade die Verbreitung von Schnee, Graupeln und Hagel in der soeben angedeuteten Weise spricht zu Gunsten der oben angenommenen Ursachen der Hagelbildung. Wir treffen nämlich häufig zu gleicher

Zeit in nicht gar weit von einander gelegenen Bezirken die drei Formen neben einander. So ist bekannt, dass im Hochgebirge Schnee und Graupeln oder Hagel unmittelbar neben einander vorkommen. Während in Südschottland Hagel fällt, schneit es häufig in Nordschottland. 1871 Juli 18 fielen zu Freiberg, Elster u. s. w. in Sachsen Hagel, zu Plauen Schlossen, wohl kleinere Hagel, zu Annaberg Graupeln; während am 17. Jan. 1872 Rheinbayern, Baden und Württemberg von einem sehr starken Hagelwetter durchzogen wurden, schneite und graupelte es in Brüssel und Belgien. Erreicht im Hochsommer der aufsteigende Luftstrom, bei sonst entsprechenden meteorologischen Verhältnissen die zur Hagelbildung günstigen Schichten, dann entsteht Hagel und zwar je nach der Höhe in welcher die Hagelbildung stattfindet fallen Graupen, kleinere oder grössere Hagel, wodurch im Allgemeinen nur bei sehr grosser Hitze grosse Hagel fallen können, da nur in diesem Falle die Bedingungen dazu erfüllt sind. Im Einklange mit der Veränderlichkeit der Höhen, welche von dem aufsteigenden Luftstrome erreicht werden, sind die wiederholt gemachten Beobachtungen, dass mit veränderter Windrichtung sich die Hagelform häufig ebenfalls ändert. Ist der aufsteigende Luftstrom nicht im Stande die nothwendige Höhe zu erreichen oder sind die Bedingungen in den höhern Schichten nicht zur Hagelbildung geeignet, dann werden selbst bei den heftigsten Gewittern die Hagelfälle ausbleiben. Die bedeutende Höhe der Hagelgewölke und die massenweise Ansammlung der Wasserdünste und Wasserkügelchen erklären das dunkle Aussehen der Hagelgewölke. Das zackige Aussehen der letzteren dürfte durch die heftigen Bewegungen der Luftmassen zu erklären sein, theilweise jedoch auch

durch die Verschiedenheit der Geschwindigkeit des aufsteigenden Stromes und der sich hiedurch senkenden Hagelmassen über den verschiedenen Terrainpartien.

Bei dem grossen Hagelwetter in Lievland, am 22. Mai 1872, fielen die Hagelmassen durchweg links vom Wirbelsturme. Aehnliche Beobachtungen von andern Hagelwettern liegen uns nicht vor. Die Erklärung für ein solches Fallen könnte vielleicht in dem heftigern Einströmen der wärmern, am stärksten mit Wasserdampf gesättigten, von Süden herkommenden Luft zu suchen sein; dann müssten die Hagel für unsere Erdhalbkugel stets in nördlicher Richtung vom Wirbel fallen. So lange indessen keine weiteren Beobachtungen vorliegen, sind weitere Schlüsse unnöthig und alle Hypothesen zur Erklärung einer derartigen Erscheinung verfrüht.

Sehr schwierig, theilweise geradezu unlösbar, scheint jetzt die Erklärung der Entstehung der verschiedenartigen und oft merkwürdigen Hagelformen. Schnee, Graupeln, durchsichtige Hagel lassen sich in einer Weise erklären, die oben erörtert ist; dafür ist jedenfalls die Geschwindigkeit, mit welcher die Bildung der Eismassen vor sich geht, bestimmend; die abwechselnde Schichtung von durchsichtigen und undurchsichtigen Eismassen an einem Hagelstücke möchte sich durch die Bildung in verschieden warme oder mehr und weniger abgekühlte oder überkühlte Wolkenschichten beim Durchfallen derselben erklären lassen; grosse unregelmässig geformte Hagel durch Zusammenkleben u. s. w. Wie aber entstehen grosse Hagel von strahligem, grosskrystallinischem, sternförmigem und ähnlichem Gefüge? Wie entstehen die linsenförmigen, oft aus ringförmigen Schichten bestehenden Hagel? Die einfache Annahme der raschen Rotation genügt hierzu nicht.

Der Einschluss fremder, durch Luftströme in bedeutende Höhe führbare Körper, wie Spreu, Stroh, Sand, vulkanische Asche u. s. w. erklärt sich bei der Annahme eines überkühlten Zustandes der in der Atmosphäre schwebenden Wassermassen.

Der vor zwei Jahren von uns zuerst behauptete Zusammenhang der Häufigkeit der Hagelfälle mit der Häufigkeit der Sonnenflecken, der durch fortgesetzte Sammlung von Material mehr und mehr bestätigt wird, würde schon eine Erklärung durch die Meldrum'schen und Poey'schen Arbeiten über den Zusammenhang der Cyclonen und Sonnenflecken finden; mehr aber noch, wenn unsere oben skizzierte Hageltheorie naturgemäss ist. In diesem Falle müssten Jahre, in welchen die Cirrengewölke am häufigsten sind, auch die hagelreichsten sein; da nun, wie zuerst Klein bestimmt nachgewiesen hat, dies in den Jahren der Sonnenfleckenmaxima der Fall ist, so würde eine neue Ursache für den übereinstimmenden Gang von Sonnenflecken und Hagel-Häufigkeit gefunden sein und unsere Hageltheorie einigermassen selbst neu gestützt werden. Unsere Theorie würde sogar geeignet sein zur Erklärung beizutragen, warum zur Zeit der Minima der Sonnenflecken einzelne Jahre mit grosser Hagelhäufigkeit vorkommen. Hierauf ist indessen hier nicht näher einzutreten.

Die vorstehende Arbeit sehen wir nur als die Skizze einer Hageltheorie an, die, wie Eingangs bemerkt, noch manches Wenn und Aber zulässt. Möge sie dazu beitragen, einer schon ihrer räthselhaften Entstehung, mehr aber noch ihrer ernsten Seite halber, die sie als Zerstörerin von Hab und Gut herauskehrt, zur Beobachtung herausfordernden Naturerscheinung die gebührende Aufmerksamkeit zuzulenken, da nur zahlreiches und auf vieljährige Beobachtungen

gegründetes Material das Dunkel, in welches sich die Erscheinung einhüllt, aufzuklären vermag und die allenfalls entzifferbaren Gesetze aufzufinden gestattet.

Geometrie und Geomechanik.

Eine Uebersicht zur Kennzeichnung ihres Zusammenhangs
nach seiner gegenwärtigen Entwicklung

von

Wilh. Fiedler.

Im Art. 170 meines Werkes »Die darstellende Geometrie in organischer Verbindung mit der Geometrie der Lage« (2. Aufl. 1875) habe ich bei der Entwicklung der involutorischen Reciprocität des Nullsystems speciell hervorgehoben, dass dasselbe der rein geometrische Ausdruck der beiden Probleme von der Zusammensetzung der Kräfte im Raum und von der Bewegung eines starren Systems und daher eine Hauptgrundlage der graphischen Statik und der Kinematik sei — natürlich unter gleichzeitiger Anführung der Stellen in den Arbeiten von Möbius und von v. Staudt, welche sich auf den so bezeichneten Zusammenhang beziehen. Ich that dies aus der Einsicht, dass damit ein nicht bloss äusserlicher sondern wesentlicher Zusammenhang bezeichnet sei, und auf Grund der in wiederholten Vorlesungen erprobten Erfahrung, dass die weitere Verfolgung dieser Beziehungen ein Beispiel der Anwendung der Geometrie der Lage von ungemeiner Fruchtbarkeit und Reichhaltigkeit darbietet;