B. Drei Beobachtungen über Hagelbildung.

Viele der großartigsten Naturerscheinungen sind ihrer Ursache nach noch immer wenig erklärt, wenn sie auch in ihrem Verlaufe ziemlich bekannt sind. So ist es der Fall mit der Entstehung des Hagelwetters. Kennen noch so viele seine zerstörenden Wirkungen, so sind doch bis in die letzte Zeit herein die Ansichten über seine Entstehungsursache so vielfach, als Forscher darüber geschrieben haben. Kein Wunder, daß daher einer der bedeutendsten Männer, daß ein Großmeister im Gebiete der Meteorologie, wie Dove, seine Ansichten nur mit „wahrscheinlich" und ähnlichen bescheidenen Worten einleitet. (Dove, Gesetz der Stürme 1868, S. 339).

Es scheint mir deshalb die Pflicht eines jeden Forschers, aber auch des einfachen Beobachters, zu denen ich mich zähle, zu sein, solche Erfahrungen, welche zur Klärung der Ansichten beitragen können, oder welche er in redlicher Ueberzeugung für solche hält, der Oeffentlichkeit zu übergeben. In diesem Sinne will ich in Folgendem drei von mir gemachte Beobachtungen über Hagelbildung mittheilen, um so mehr als bei der dritten meine Voraussage in jeder Hinsicht eingetroffen, und Collegen dabei zugegen waren, so daß eine Selbsttäuschung nicht möglich war.

Alle drei Beobachtungen sind in der Umgebung von Bistritz gemacht, welche in manchen Jahren die Entstehung von Hagelwettern sehr zu begünstigen scheint. Da ich dabei die Bodengestaltung für wesentlich mitwirkend halte, will ich nur kurz eine Uebersicht derselben geben. Oestlich von der großen Szamos ziehen zwei größere Thäler, das des Bistritz- und des Budakflußes, beinahe parallel in der Richtung von NO. nach SW. zu dem Thale der Sajo, welche am Fuße eines mit ihr parallel streichenden Höhenzuges gegen NW. fließt. Beide Thäler, das des Bistritz- und des Budakflußes, sind zu beiden Seiten von ziemlich hohen, selbst über 908 Schuh über die Thalsohle emporsteigenden Höhen eingerahmt und gegen NO. durch das Hochgebirge geschlossen.

Am häufigsten sind nun, wenigstens in den letzten zehn Jahren, die Gegenden längs beider Ufer der Sajo, etwa eine Meile unterhalb der Stelle, wo die Bistritz in sie mündet, bis etwas oberhalb der Stelle, wo der Budakfluß sich in sie ergießt, von Hagelfällen heimgesucht. So auch heuer wieder. Doch habe ich über diesem Gebiete nur einmal und zwar das erste Mal die Entstehung eines Hagelwetters beobachten können.

1. Der 23. Juli 1863 war ein heiterer, heißer Tag, wie mehrere vorangegangene, die Luft ohne die gewohnten Anzeichen eines Gewitters. Ueber

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Bistritz und, nach sonstiger Analogie zu schließen, wahrscheinlich auch in dem östlicher gelegenen Budakthal wehte ein mäßiger NO. Gegen Abend jedoch hoben sich am westlichen Himmel dunkle Wolkenmassen, die sich zusehends vergrößerten und um 6 Uhr das Gewitter zum Ausbruch brachten, das sich nun mit ungemeiner Geschwindigkeit aus WNW. Richtung heranwälzte. Der über Bistritz wehende NO. schwoll gleichzeitig zum scharfen Winde und je näher das Gewitter heranrückte, zum Sturme an. Eine langgestreckte Wolkenmasse zog dem Gewitter voran und stand bereits über der Mündung des Bistritzthales in das der Sajo, als sie von dem NO. gepackt anfangs langsam, dann aber rascher gegen S. umzubiegen begann und in einem ungeheuren Kreise über den östlicheren, noch heiteren Theil des Himmels zu dem Gewitter zurückbog. Aber alle ihr folgenden, an sie grenzenden dunkeln Wolkenmassen vollzogen dieselbe Bewegung, so daß sie einen furchtbar schönen Wirbel vollkommen sichtbar beschrieben. In kürzester Zeit änderte sich die bisher blauschwarze Farbe der Wolken, wie auch ihre Form. Zuerst trat nämlich an einzelnen dem Wirbel näher liegenden Stellen das für Hagelwolken charakteristische Gelbgrau auf, und breitete sich dann rasch immer weiter aus gegen NW. Gleichzeitig verloren die Wolken ihre halbkugelige Gestalt und zeigten vielfach zerrissene, unregelmäßige Formen. Das Gewitter kam auf einige Zeit zum Stehen und verwüstete von der Szeretfalvaer Brücke an flußabwärts auf einer Strecke von ungefähr 1 Meile Länge und 800" Breite die Aecker und Weingärten von Kalesdorf, einen schmalen Strich des Ungersdorfer Hatterts und die Wälder, welche sich auf dem linksufrigen Höhenzuge, Lechnitzer Hattert, ausdehnen. Endlich aber zog das Gewitter, ganz aus seiner Richtung herausgebracht, gegen Süden in das Dürrbachthal, bis jenseits des Dorfes Dürrbach alles verwüstend. Ueber Bistritz und weiter gegen Osten blieb der Himmel heiter wie früher.

2. Ein zweitesmal hatte ich Gelegenheit, den Beginn eines Hagelwetters zu beobachten, den 22. März 1866, einer sonst für Hagelwetter ungewöhnlichen Zeit. Der Himmel war den ganzen Tag über bewölkt, die Luft für diese Zeit unverhältnißmäßig schwül, so daß ein Gewitter zu erwarten war. Wirklich zog es beinahe genau aus NW. im Sajothal herauf, breitete sich jedoch über eine Meile weit gen N. aus, so daß sein Saum über Bistritz hinüberreichte. Bereits regnete es und zeigten die Wolken nirgends ein auf Hagel andeutendes Aussehen. Da plötzlich wurde eine rasche Bewegung am nordöstlichen Saume des Gewitters, beinahe über der Mitte des Bistritzthales bemerkbar, und bald zeigte sich eine ausgesprochene Rotation von N. durch O. nach S. und W. Gleichzeitig trat die charakteristische Umänderung in Form und Farbe der aus NW. nachrückenden Wolkenmassen ein, die schon oben erwähnt wurde, und die nächsten Stunden gaben die Gewißheit, daß auf dem neuen Hattert, Buchenthalwald und im Wiesenthal die jüngeren Zweige der

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Bäume durch den Hagel arg verwüstet worden. Die Länge des betroffenen Gebietes mißt etwas über $^3/_4$ Meilen bei einer Breite von kaum 500 °. — Die herrschende Windrichtung vor dem Gewitter, östlich von ihm, hatte ich nicht beobachtet.

3. Für die Beobachtung am vortheilhaftesten zeigte sich mir jedoch der Beginn des Hagelwetters den 14. Juli 1868. Mehrere Collegen, darunter der jetzige Lehrer für Naturgeschichte am Gymnasium, Kapp, befanden sich vor dem Mädchenschulgebäude, um zur Jahresprüfung der Schülerinnen sich zu begeben, als um $2^1/_2$ Uhr Nachmittags zwei Gewitter, das eine beinahe genau aus S., das andere aus NWN. gegen Bistritz heranzogen. Die Vorposten des letzteren Gewitters waren bereits über Bistritz angelangt, als sie mit den ersten Wolkenmassen des ersteren zusammentrafen und sogleich in eine drehende Bewegung von S. durch O. nach N. und W. mit dem Mittelpunkte beinahe senkrecht über meinem Standorte übergingen. Diese Erscheinung zeigte ich den anwesenden Collegen mit der Bemerkung, daß in ihr nach meinen früheren Erfahrungen die Hagelbildung eingeleitet werde. Die anfangs langsame Drehung nahm bald an Schnelligkeit zu, die von NWN. nachrückenden Wolkenmassen wurden in den Wirbel hineingerissen, verschwanden in ihm, ohne daß eine Vergrößerung desselben oder Verdichtung der ihn bildenden Wolken zu bemerken gewesen, und wurden durch andere ihnen mit ungeheurer Geschwindigkeit nacheilende ersetzt. Der Schätzung nach betrug der scheinbare Durchmesser des Wirbels 35 bis 45 Grad, die Höhe über dem Thale über 4000 bis 4500 Schuh, da gerade nur die Spitze des Henyul von der Wolkenschichte des Gewitters bedeckt erschien, dieser aber (siehe Verhandlungen und Mittheilungen des Vereins für Naturwissenschaften 1864, Heft 2) sich 4809 Schuh über das Thal erhebt. Offenbar war das von S. herkommende Gewitter das schwächere, es kam an dem anderen sich stauend zum Stehen, und eine ungeheure Wolkenbank zog sich von NW. gegen SO. über das Thal, so daß das stärkere nördliche Gewitter nur eine schwache Ablenkung in westöstlicher Richtung zeigte. Jenseits dieser in schnellster Vorwärtsbewegung begriffenen Wolkenbank gegen N. behielten die Wolken ihre Färbung und Form, während sie auf der anderen gegen S. gerichteten Seite kaum 2 Minuten nach dem Erscheinen des Wirbels das Ansehn der Hagelwolken zu zeigen begannen. Der Wirbel bewegte sich nicht vorwärts, sondern wurde allmälig schwächer und verschwand nach einigen Minuten. — Der Hagel war während dieser Zeit ungefähr 800 ° weit von Bistritz — der Pfarrkirche A. B. — niedergefallen und hatte den Mais auf der Richterwiese, im Siechhof und einem Theile der Esiger ziemlich beschädigt. Der Verbreitungsbezirk ergab eine Länge von etwa 800 Klaftern bei kaum 200 ° Breite. In dem ganzen Verbreitungsbezirke des nördlichen Gewitters, in dem jenseits der scheidenden Wolkenbank bis in die ungefähre Entfernung von 800 ° sich erstreckenden Gebiete des südlichen Ge-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

witters, wie auch jenseits des vom Hagel getroffenen schmalen Striches fiel nur Regen. Eine auf Grund der gemachten Beobachtungen und nachträglicher Untersuchungen gemachte Zeichnung der Lage der genannten Wolkenbank und des verhagelten Feldes auf einer im Maßstabe 1 Zoll = 500 Klafter verfaßten Croquis Copie des Bistritzer Hatterts ergab, daß die Wolkenbank mit der Längen-Mittellinie des Hagelbezirkes als parallel betrachtet werden müsse. Die Richtung, in welcher der Hagel gefallen, war nach den beschädigten Seiten der Maisstengel bestimmt, die des südlichen Gewitters, jedoch je näher dem Wirbel, desto mehr in Südwest abgelenkt.

Faßt man nun die allen drei beobachteten Hagelwettern gemeinsamen Erscheinungen zusammen, so findet man, daß:

1. in allen drei Fällen, die Wolken das hagelkündende Aussehen nur zu zeigen begannen, nachdem in den vorschreitenden Gewitterwolken eine wirbelnde Bewegung entstanden war;
2. daß dieser Wirbel immer die Spitze oder das vordere Ende des vorschreitenden Wetters bildete;
3. daß die nachrückenden Wolkenmassen ohne merkliche Verdichtung oder Vergrößerung des Wirbels in demselben verschwanden;
4. daß sich immer eine Wolkenbank als Grenze des Regens und Hagels zeigte, in welcher die gegen den Wirbel gerichtete Bewegung eine außergewöhnliche, viel schnellere war, als die der Wolken zu ihren beiden Seiten;
5. daß die Hagelbildung jedesmal dem Wirbel zunächst begann, und sich in zwei Fällen nur auf einen schmalen, nicht zu langen Streifen Landes ausdehnte, nur in einem Falle, wo sich der Wirbel selbst fortbewegte, über ein längeres Gebiet erstreckte;
6. daß der Hagel immer auf der Südseite der begrenzenden Wolkenbank niederfiel;
7. daß in einem Falle die genaue Untersuchung und Zeichnung mit Sicherheit, in den beiden anderen die Beobachtung und nachträglich eingezogene Erkundigungen ergaben: daß die Längenrichtung des verhagelten Bezirkes mit der begrenzenden Wolkenbank parallel lief;
8. daß in zwei Fällen die Beobachtung zeigte, im dritten Fall das Vorhandensein des Wirbels den Schluß gestattete: daß immer zwei Luftströme, eine wärmere und eine kältere vor der Hagelbildung sich entgegentraten;
9. daß in keinem Falle die warme Strömung die kalte verdrängen, sondern nur wenig ablenken konnte.

Hiezu kommt nun noch die in einem Falle nur gemachte — in den anderen beiden nicht möglich gewesene — Erfahrung, daß die Richtung des

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Falles der Hagelkörner die Richtung des herrschenden warmen Luftstromes durch etwas gegen den Wirbel hin abgelenkt zeigte.

Fragt man nun, ob sich auf Grund dieser Erscheinungen die Entstehung des Hagelwetters erklären lasse, so muß ich sagen, daß mir die Erklärung nicht unmöglich scheint. Nähme man die in raschester Bewegung zum eigentlichen Wirbel hin begriffene Wolkenbank als Theil des Wirbels selbst, so würde Dove's, in der oben erwähnten Stelle ausgesprochene Ansicht, „daß viele unserer Hagelwetter zu der Form von kleineren Wirbeln gehören, deren Achse sich im Vorschreiten stark nach vorn neigt", höchst annehmbar erscheinen. Es ließe sich dadurch auch die auffallende Thatsache erklären, daß in mehr oder weniger bedeutender Entfernung von der Wolkenbank in einem parallelen Striche der Hagel niederfällt, da ja durch die bei jeder drehenden Bewegung erwachende Fliehkraft besonders die schwereren Theilchen weitmöglichst von der Achse der Drehung entfernt werden, in der kalten Höhe, wahrscheinlich auch um die eigene Achse rotirend äußerst rasch abkühlen, größere Flüßigkeitsmengen an ihrer Oberfläche erstarren machen, zu schwer geworden herabsinken, und sich noch während des Sinkens durch fortwährendes Ansetzen und Erstarren der Wassertheilchen in ruhigerer Weise vergrößern.

Man könnte aber auch wie Dove den Wirbel als Anstoß, als erste wirkende Ursache ansehen, ohne ihn doch zum Träger des Hagels zu machen. Ohnehin hat eine solche Annahme bei den mitgetheilten Beobachtungen jedenfalls ihr mißliches. Man könnte vielleicht sagen:

Dadurch, daß zwei Luftströme ziemlich gleicher Stärke unter einem Winkel aufeinandertreffen, kann und wird an der Stelle, wo sie sich zuerst berühren, ein Wirbel entstehen, während noch die anderen Theile der Luftströme je weiter von dieser Stelle entfernt durch eine desto dickere ruhigere, zumeist aufsteigende Luftschichte getrennt sind. Dauert der Wirbel einige Zeit fort, so werden in ihn die hinter ihm befindlichen Luft- und Wolkenmassen wie in einen Trichter hineingerissen und emporgetrieben, während andere rasch ihre Stelle einnehmen, um sich bald auch in den Wirbel zu stürzen, oder wenn man so will von ihm aufgesogen zu werden. So würde sich das Vorhandensein einer die Gewitter trennenden Wolkenbank überhaupt, und außerdem ihre außerordentlich rasche zum Wirbel hingerichtete Bewegung erklären. Unterdessen nähern sich die beiden Luftströme einander und treffen dort wo die Wolkenbank die Grenze ihrer Gebiete bezeichnet zusammen, in der Höhe wegen der gegen einander vorgeneigten Lage der vorderen Begrenzungsflächen früher, als näher dem Boden. Unter der Voraussetzung ziemlich gleicher Stärke, und weil die in heftiger Bewegung zum Wirbel hin begriffene trennende Luftmasse in der Wolkenbank auch dem Auge sichtbar geworden, das gegenseitige Eindringen und Verdrängen bei den Luftströmen erschwert, werden sie sich jedenfalls an einander stauen und emporsteigen müssen. Der weniger dichte wärmere

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

wird mit größerer Geschwindigkeit emporstreben und auch durch die nachrückenden Luftmassen emporgedrängt werden, sich endlich über den dichteren, kälteren, erheben und gewöhnlich über ihn hin abfließen. Den höchsten Punkt wird er jedoch nicht gerade über der Stelle ersteigen, wo er gestaut wird, sondern weiter nach rückwärts, so daß sich ein hoher Kamm mehr weniger von der Berührungsgrenze der Luftströme, der Wolkenbank, entfernt, immer mit ihr parallel bilden muß. So ist es ja der Fall, wenn durch eine Schleuße, ein Wehr, irgendwo in einem Canal das Wasser gestaut wird, muß also in erhöhtem Grade bei der Luft der Fall sein, wo sich zu dem Drucke der nachrückenden Masse noch die große Spannkraft als emportreibende Kraft gesellt.

Werden diese Vordersätze zugegeben, so könnte man nun weiter folgern;

Bei dem Falle Nr. 3 lag die untere Fläche der kälteren Wolkenmasse in jedenfalls mehr als 5000 Schuh absoluter Höhe. Man braucht ihre Dicke nicht übermäßig hoch anzuschlagen um behaupten zu dürfen, daß der früher angenommene höchste Kamm der gestauten wärmeren Luftmasse weit über die — für Bistritz — kaum 8000 Schuh hohe Region des ewigen Schnee's emporsteigen müßte. Zu der Kälte dieser Höhen tritt aber noch die Temperaturverminderung, welche sich bei jedem aufsteigenden, sich ausdehnenden Luftstrome einstellt. So ist keine andere Hypothese nöthig, um das Erstarren der mit emporgerissenen Wasserbläschen und Tropfen zu erklären. Ich erinnre hier nur kurz an die Analogie, welche in dem an den Alpen emporsteigenden Föhn liegt und den durch ihn auf der Südseite, also rückwärts von der stauenden Gebirgsmasse, hervorgerufenen ungemeinen Regengüßen, — daran daß die für dieselben angenommene Erklärungsweise keine andere ist, als die von mir unter anderen Verhältnißen für den Hagel möglich gedachte. — Die erstarrten Wassertheilchen werden endlich zu schwer geworden herabsinken, wenn wenig Dunst oder Wasser in der Athmosphäre vorhanden ist, wie in den kühleren Jahreszeiten, durch Ansetzen desselben wenig vergrößert als Graupeln, wenn dagegen viel Dunst und Wasser in der Luft ist, wie im Sommer, stark vergrößert als Hagel.

Leicht zu erklären wäre dann die geringe Breite des Hagelstriches, da sie ungefähr nur gleich kommen könnte der Breite, welche die Durchschnittsfläche des hohen Kammes an der Stelle zeigt, wo das Wasser bereits erstarrt; leicht zu erklären warum es immer in der Region des wärmeren Windes hagelte, — weil ja der kalte Luftstrom sich gar nicht oder doch viel schwächer erheben kann der wärmere also allein in die die Hagelbildung hervorrufende Region gelangen kann. Die Länge der Hagelregion würde gleichkommen der durchschnittlichen Breite der sich stauenden Luftmassen, so daß gewöhnlich diese Länge zwar keine bedeutende, bei einem entsprechenden Ausnahmszustande der Athmosphäre dennoch kaum glaublich zunehmen würde. Die oft behaupteten, vielbestrittenen, Einschlüße in den Hagelkörnern könnten so erklärt werden, daß

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

feste Körperchen emporgerissen, unter 0°, wie ihre Umgebung, abgekühlt, wie bei der Kristallbildung überhaupt den Erstarrungsproceß des an sie sich ansetzenden Wassers beschleunigen, und so zum Mittelpunkte des Hagelkornes werden.

Gleich wenig Schwierigkeiten würde die Erklärung der anderen auffallenden Erscheinungen bei Hagelwettern bereiten.

Mag es sich übrigens mit der Entstehung des Hagels wie immer verhalten: so viel scheint mir gewiß, daß ein Schluß auf dieselbe aus dem Verlaufe des Unwetters schwer, wenn nicht unmöglich ist; daß eine Beobachtung der Entstehung nur außerhalb des hagelführenden Luftstromes möglich ist; daß daher allein ungemeine Aufmerksamkeit im Vereine mit einem zufälligen, glücklichen Standorte nach und nach das Material zur endgiltigen Lösung der Frage verschaffen können.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf