V. *Ueber den Hagel und die elektrischen Erscheinungen unserer Atmosphäre;*
von Julius Ludwig Ideler.

Diese Abhandlung, um gleich beim Anfange derselben den Standpunkt festzustellen, aus welchem der Verfasser sie beurtheilt zu sehen wünscht, nimmt auf eine doppelte Weise das Interesse der Physiker in Anspruch: einmal indem sie eine Uebersicht über die bis jetzt beim Hagel beobachteten Erscheinungen giebt, und die Bedingungen aufstellt, unter denen Hagel erfolgt, was man fast in sämtlichen physikalischen Werken und selbst in denen vermisst, die den Theil der physikalischen Erdbeschreibung, welcher unsere Atmosphäre betrifft, besonders zum Inhalte haben; andererseits, indem sie die bisherigen Hageltheorien prüft, welche die eine hier, die andere dort noch angenommen und für richtig befunden werden; endlich indem sie diejenige Theorie, welche, die sinnreichste und gewiß die wahrscheinlichste von allen, Leopold von Buch aufgestellt hat, und die, man sollte es kaum glauben, entweder Vielen ganz unbekannt geblieben, oder, wenn auch dieß nicht, doch wenig oder gar nicht von den Meisten berücksichtigt worden ist, obgleich sie uns ganz neue Einsichten in die Art und Weise, wie die Natur bei den meteorischen Erscheinungen verfährt, geöffnet hat, von Neuem den Untersuchungen der Physiker empfiehlt. Aber sie macht auch zugleich die Physiker auf eine Untersuchung aufmerksam, deren Bekanntmachung Leop. von Buch in der That selbst veranlaßt hat, obwohl sie theilweise seine Theorie umzustossen droht, nämlich auf die von Gay-Lussac angestellten Versuche und Beobachtungen über die durch die Verdunstung bei verschiedenen Temperaturgraden erzeugte Kälte, und die

dadurch erforderten Modificationen und Einschränkungen der von Leop. von Buch aufgestellten Theorie. Der Verfasser glaubte diese wenigen Worte vorausschicken zu müssen, nicht sowohl um das Erscheinen dieser Abhandlung nach jener ersten, in einem der früheren Hefte dieser Zeitschrift abgedruckten zu rechtfertigen, denn dessen wird es wohl für denjenigen nicht bedürfen, der beide Abhandlungen mit einander vergleicht, als vielmehr um zu vermeiden, daß Compileratoren, die alles und jedes aus Büchern und Zeitschriften ohne Ordnung und Sichtung zusammentreiben und neben einander stellen, ohne richtige Resultate daraus zu folgern, deren es leider auch unter denen, die über Meteorologie gehandelt haben, nicht wenige giebt, auch dem ersteren an sich unbedeutenden, ja — der Verfasser zaudert keinen Augenblick es hier öffentlich auszusprechen — vieles Falsche und Unrichtige enthaltenden Aufsätze eine größere Aufmerksamkeit angedeihen lassen, als er wirklich verdient, wodurch der Werth von Leop. von Buch's Theorie zwar nicht in den Augen der wahren Physiker, aber doch in denen vieler Dilettanten auf eine ungerechte Weise beeinträchtigt werden könnte.

Der Hagel ist deshalb so oft für eine Wirkung der Elektrizität angesehen worden, weil er gemeinlich (nicht immer, wovon in diesem Sommer ein Beispiel hier in Berlin beobachtet worden) von elektrischen Erscheinungen begleitet ist. Ich werde daher zuvörderst von der Art und Weise, wie die Elektrizität in unserer Atmosphäre erzeugt wird und wie sie wirkt, handeln. Im Allgemeinen kommt unserem Luftkreise zweierlei zu, einmal, wie Pouillet gezeigt hat, eine $+$ Ladung der unteren Schichten, deren Ursache die Vegetation seyn soll, zweitens ein entschieden stärkeres Leitungsvermögen für die $+$ E , was Trémery (*Journal de physique*, T. LIV.

p. 357.; Gilb. Ann. Bd. XXIII. p. 426.) durch den bekannten Versuch mit der Lullin'schen Charte zuerst dargethan hat, was aber nicht der atmosphärischen Luft allein zukömmt, sondern eine allgemeine Eigenschaft sämmtlicher Gasarten ist, wie Th. v. Grathhuys (Schweigg. Journ. Bd. IX. p. 330.) und andere Physiker (Gilb. Ann. XXXII. p. 31., Bd. XLIII. p. 218.; *Annales générales de phys.* T. VIII. p. 111.; *Philos. transact.* T. L. p. 371.; Voigt's Magazin, Bd. X. St. 3. p. 55.) nachgewiesen haben. Die + Ladung unserer Atmosphäre war schon von Al. v. Humboldt (Versuche über die chem. Zerleg. unseres Luftkreises, S. 174.) in Europa, dann in Amerika (*Voyage aux rég. équín.* T. VI. p. 182.) beobachtet worden, und ist, wie schon aus der angeführten Ursache hervorgeht, kein blofs locales, sondern ein allgemeines Phänomen. Wie sich aber die Wärme in unserer Atmosphäre äufserst selten im Gleichgewichte befindet, eben so wenig die Elektrizität, da alle Formveränderungen, welche in unserer Atmosphäre vorzugsweise mit dem Wasser vorgehen, von elektrischen Prozessen begleitet sind. Hier muß ich nun an zwei Sätze erinnern, deren ersten wir Erman's, deren zweiten wir Davy's, Berzelius und Pouillet's Untersuchungen verdanken.

I) In jedem Körper, welcher isolirt von der Fläche des Bodens bis zu einer beträchtlichen Höhe emporgehoben wird, entsteht, blofs durch Entrückung aus dem Wirkungskreise der unendlich grofsen Erdmasse, eine beträchtliche elektrische Spannung, weil die Elektrizität, die in der niederen Station durch Einwirkung der Erde in ihm gebunden war, in der höheren Station sich nothwendig expandirt, und zwar um so mehr, je weiter er aus der bindenden Atmosphäre des Bodens entrückt wird (Gilb. Ann. Bd. XV. S. 385. Bd. XXVI. S. 9.). Daher wird die Intensität der atmosphärischen Elektrizität zunehmen, je höher wir uns in den Luftkreis erheben. Daher wird Donner und

Blitz bei dem verticalen Dampfstrome entstehen, der vom Krater eines Vulcanes emporsteigt. Daher wird die Intensität der Elektricität in den unteren Schichten unserer Atmosphäre besonders stark bei einem emporsteigenden Nebel seyn, wie dieß Cavallo (Scholz, Anfangsgr. der Phys. Wien 1827, S. 273.) ausdrücklich nachgewiesen hat. Es fragt sich nun, ob die auf diese Weise entstehende Elektricität $+$ oder $-$ seyn werde: Erman's Versuchen zufolge läßt sich der Satz folgendermaßen allgemein aussprechen: Wenn ein Körper sich von einer Oberfläche losreißt, deren Elektricität neutralisirt war, und in die Höhe steigt, so erlangt er die E , welche der des umgebenden Mediums entgegengesetzt ist. Der Dunst also, der sich von einer Wasseroberfläche erhebt, erhält $-E$, da die elektrische Ladung der Atmosphäre, wie angeführt worden, im Allgemeinen $+$ ist, daher hat der aufsteigende Luftstrom, der an Orten, wo wenig Vegetation herrscht, besonders stark ist, und der die erwärmte Luft zu höheren Regionen führt, daher haben die sich erhebenden Wasserdünste $-E$. Hiermit in Uebereinstimmung sind die Beobachtungen Gay-Lussac's und Biot's bei ihrer ersten aërostatischen Fahrt, welche sie am 24sten Aug. 1804 anstellten, die, je höher sie stiegen, eine desto stärkere $-$ Ladung der Atmosphäre fanden (Gilb. Ann. Bd. XX. S. 15.); dasselbe fand von Hohenwart bei seiner Besteigung des Glockner (ebend. S. 251.). Wenn aber der Wasserdunst unserer Atmosphäre $-E$ hat, die wegen des geringen Leitungsvermögens der Luft für die $-E$, und weil die Ladung der Atmosphäre nur in den untersten, der Vegetation zunächst ausgesetzten Schichten $+$ E ist, nicht neutralisirt werden kann, so muß auch der Niederschlag $-E$ haben (siehe den nachfolgenden Satz), und in der That hat Erman (Gilb. Ann. Bd. XV. S. 414.) gezeigt, daß ein vorübergehender Regenschauer hinterher noch durch Mittheilung den Körpern $-E$ giebt und durch den analogen Ver-

such bestätigt, wo man eine isolirte Stange gegen ein auf dem Boden stehendes Goldblattelektrometer führt, wodurch sie dem Instrumente durch Mittheilung diejenige E giebt, welche sie selbst durch Vertheilung erlangt hatte. Der Schnee thut dies noch anhaltender und ausgezeichnet, vermöge seiner grösseren Trockniss, welche bewirkt, daß die umgebende Luft länger isolirend wirken kann, während beim Regen die Spuren der durch das Fallen und durch die vertheilende Wirkung des Bodens erregten E , in der feuchten Luft viel früher verschwinden müssen.

II. Das Wasser, sobald es aus dem tropfbarflüssigen Zustande in den gasförmigen übergeht, bindet bekanntlich eine Quantität Wärme und macht sie wiederum frei, sobald es in die flüssige Form zurücktritt, und dasselbe ist mit der Elektricität der Fall (Davy in Gilb. Ann. Bd. XXVIII. S. 192.). Es geht hieraus hervor, daß im Laufe eines Tages Veränderungen in den Intensitätsanzeigen eines Elektrometers stattfinden werden, die der Temperatur, d. h. der Geschwindigkeit des aufsteigenden Luftstroms und der Quantität der Verdunstung proportional seyn müssen. Diese Periodicität der Intensität der atmosphärischen Elektricität, diese elektrische Ebbe und Fluth, analog den von der Temperatur abhängigen täglichen Barometervariationen, ist schon von Saussure und dann von allen Physikern nachgewiesen worden, welche sich nach ihm mit Beobachtung der Elektricitätsversuche im Freien beschäftigt haben, und namentlich hat ihn *Maréchaux* vermittelst seines Elektromikrometers wahrgenommen (s. Gilb. Ann. Bd. XVI. S. 124.). Hieraus folgt denn ferner unmittelbar, daß die Intensität der atmosphärischen Elektricität in verschiedenen Jahreszeiten verschieden, und namentlich im Sommer grösser seyn werde, als im Winter, was denn auch aus den neueren Beobachtungen sattsam hervorgeht: daß die Intensität und die entsprechenden Angaben des Elektrometers vom Pole nach

dem Aequator zunehmen werden, wie denn dieß auch Al. v. Humboldt dargethan hat. In Europa nämlich betrug die Divergenz der Korkkugeln nur 1" (*Journ. de phys. T. XLVIII. p. 193.*), in Amerika dagegen 3 bis 4" (s. *Voyage aux rég. équín. T. VI. p. 178.*). Wir haben hier dieselbe Ursache, welche das Steigen des Hygrometers, das Fallen des Barometers hervorbringt, die Temperaturzunahme.

Aus dem Freiwerden der Elektricität erklären sich Erscheinungen, wie die von Huth in Charkow beobachtete (Gilb. Ann. Bd. XXX. S. 239.). Der Himmel war nämlich mit leichten Wolken bedeckt, als plötzlich eine außerordentliche Helligkeit sich über den ganzen Himmel verbreitete, eine Entbindung nämlich von Elektricität, welche von dem Uebergange des gasförmigen Dunstes in den tropfbar flüssigen Zustand herrührte. Sobald diese Lichtperiode vorüber war, erschien der Himmel »*durchaus mit dunklen Wolken in weit größerem Maafse, als zuvor, bedeckt.*« Hieraus erklärt sich das sogenannte *Wetterleuchten* (bei den Franzosen *éclairs de chaleur*), das nicht bloß am Horizonte erscheint, sondern welches Al. v. Humboldt (*Voyage aux rég. ég. T. VII. p. 9.* vergl. Brandes, Beiträge zur Witterungskunde, S. 355,) auch im Zenith beobachtete, bei Wolken, welche eben keine bedeutende Höhe hatten. Hieher endlich gehört eine Erscheinung, die den Physikern viel zu schaffen gemacht, und um derentwillen van Mons sogar zwei verschiedene Arten von Blitze angenommen hat, nämlich diejenigen Blitze, welche bloß die Wolke erleuchten, und ohne dafs man einen deutlichen Funken sieht, horizontal durch sie hindurchfahren. Brandes (Beiträge zur Witterungskunde, S. 350.) hält sie für Blitze, deren Funken bloß von der Wolke verdeckt wird; aber woher ihre horizontale Ausdehnung? Bellani hält sie für eine im Fortgange des Blitzes entstehende Mittheilung der Elektricität an die umgebenden Luft- oder Dunsttheile. Aber

diese könnte nicht von so anhaltender Dauer seyn. Diese Blitze sind nach meiner Ansicht nichts anderes, als die durch neuen Niederschlag frei werdende Elektrizität, und ihre horizontale Ausdehnung wird durch die ganz ähnliche Erscheinung erläutert, daß die untere Fläche des Cumulus stets horizontal ist, was nicht, wie Brandes (Beiträge zur Witt. S. 320.) will, deswegen der Fall ist, weil sie von der Erde und den unteren Luftschichten abgestoßen werden, sondern mit Howard dahin erklärt werden muß, daß sie auf derjenigen Luftschicht schwimmen, welche gerade noch genug Wärme besitzt, um das in ihr vorhandene Wasser in Dunstform zu erhalten *).

Es bleibt noch ein dritter Punkt zu erörtern übrig, den ich nur kurz der Vollständigkeit wegen, und um keine Lücke im Vortrage zu lassen, berühren will, obgleich er schon hinreichend von früheren Physikern, namentlich von Reimarus erläutert worden ist, nämlich die Art und Weise, wie die Entladung der Wolken geschieht. Wenn man eine dünne, nicht leitende Fläche, z. B. eine Glastafel, zwischen zwei leitende, wie zwei Metallplatten legt, so daß sie über die Enden derselben rings umher hervorsteht und die eine der Metallplatten dadurch isolirt wird, während die andere mit dem Fußboden in leitender Verbindung steht, so verbreitet sich die Elektrizität, welche man der isolirten zuführt, auf der berührenden des Nichtleiters, und versetzt zugleich die entgegengesetzte Oberfläche, auf welcher die nicht isolirte Metallplatte liegt, und zugleich auch die Metallplatte selbst in den Zustand entgegengesetzter Elektrizität. Dieser bekannte Satz läßt sich nun leicht auf die Atmosphäre anwenden. Die Wolke, welche in einer Luftschicht hervortritt, bezeichnet die nicht isolirte Me-

*) Die meisten Winde nämlich wehen horizontal, also parallel der Erdoberfläche, obwohl, wie Benzenberg (Gilb. Ann. Bd. VIII. S. 240.) gezeigt hat, dieß nicht ausschließlich der Fall ist.

tallplatte, und zwar hat sie $-E$; die zwischen ihr und der Atmosphäre liegende Luftschicht ist der Nichtleiter, und auf der Oberfläche der Erde selbst wird in der ganzen Ausdehnung der Wolke durch Vertheilung $+E$ erregt. Dieser Proceß ist an sich sehr deutlich; noch mehr versinnlicht wird er durch Kirchhoff's bekannten Apparat, wodurch zugleich gezeigt wird, wie sich die Wolke, in dem Augenblicke, wo der Durchbruch der Elektricität durch die Luft erfolgt, die Neutralisation beider Elektricitäten also stattfindet, wirklich zur Erde hinabsenkt. Die Wolke ist nicht perpetuirlich geladen, sondern erhält nur dann $-E$, wenn ein neuer Niederschlag erfolgt. Die elektrischen Erscheinungen unserer Atmosphäre beruhen auf dem einfachen Grunde, daß die trockne Luft ein absoluter Nichtleiter für die $-E$ ist. Würde sie diese vorzugsweise und nicht die $+E$ leiten, so würde ein fortwährendes Ausströmen der Elektricität in dem Falle, wo die oberen Wolken $-E$ haben, stattfinden, ohne daß ein so mächtiger Durchbruch durch die nicht leitende Schicht erfolgte, wie der Blitz ist: wogegen bei dem wirklichen Zustande unserer Atmosphäre Fortleiten nur dann stattfindet, wenn die obere Wolke $+E$, die gegenüberstehende Erdoberfläche $-E$ hat, oder wenn die Luft mit Wasserdampf angefüllt ist *). Daher sahen Allamand (*Annales de chim. et de phys. T. XVII. p. 305.*) und andere Physiker bei heftigen Regengüssen

*) Es kann jedoch möglich seyn, daß nur ein Theil der auf der Erdoberfläche ruhenden Atmosphäre mit Wasserdämpfen gefüllt sey, so daß von der unteren Wolkenfläche zu dieser Dampfgränze ein Uebersprung der elektrischen Materie stattfinden muß. Dieß war namentlich auf der Insel King, während Freycinet's Aufenthalt daselbst, der Fall. „*Je dois observer*, sagt Freycinet (a. a. O. S. 27.) *que pendant notre séjour à l'île King nous fumes nous mêmes d'autant plus étonnés de la fréquence et de la force du tonnerre dans ces régions, que l'atmosphère ne cessa presque jamais d'être surchargée de brumes très froides et de brouillards épais.*“

(vergl. *Annal. de chim. et de phys.* T. X. p. 284. 285.), v. Langsdorf (Bemerkungen auf einer Reise um die Welt, Bd. II. S. 88.) bei starkem Nebel die Oberfläche gut leitender Körper von elektrischem Lichte bedeckt glänzen. Daher ist es zu erklären, daß auf den meisten Inseln, von denen mehr oder weniger gilt, was Freycinet (*Voyage de découvertes à l'hém. austral.* Vol. II. p. 9.) von dem Feuchtigkeitszustande der über der Insel King ruhenden Atmosphäre erzählt, die elektrischen Explosionen äußerst selten sind, und zwar so selten, daß, nach Forster (Cook, *Voyage à l'hémisph. austral.* Paris 1779, T. V., *Observat. de Mr. Forster*, p. 107.) die ältesten Einwohner auf St. Helena sich keiner derselben erinnern konnten, und dasselbe berichtet Langsdorf (a. a. O. Bd. I. S. 88.) von Nukahiwa.

Regen also erfolgt, wenn zwei nahe mit Feuchtigkeit gesättigte Luftschichten von verschiedener Temperatur sich vermischen: er erscheint als *stilles* Gewitter, wie die Landleute sagen, wenn die Feuchtigkeit der zwischen der Wolke und der Erdoberfläche befindlichen Luftschicht groß genug ist, um die Elektrizität ohne Explosion abzuleiten.

Ich will nun die einzelnen Phänomene, welche den Hagel zu begleiten pflegen, zusammenstellen, und zugleich die Bedingungen angeben, unter denen er zu erscheinen pflegt.

Der Hagel kommt zu allen Tageszeiten vor, am Tage und bei Nacht. Letzteres ist seltener, mag aber wohl öfter geschehen, als man glaubt, da es zu dieser Zeit gemeiniglich an Beobachtern fehlt. So fiel den 2. Jan. 1803 bei -5° R. Hagel (Gilb. Ann. XIII. S. 371.); Hasselquist (Reise nach Palästina, S. 17.) beobachtete einen während der Nacht auf seiner Reise nach Palästina auf dem Meere, wie Leopold v. Buch anführt, Péron (*Voyage de découvertes aux terres australes.* T. I. p. 341.) in der Nacht vom 14. zum 15. Juni 1802 an der Süd-

p. 135.), Moreau de Jonneau (*sur le climat des Antilles*, p. 49.) und Péron (*Voyage de découverte*, T. I. p. 50.), welcher letztere erzählt, daß sich die ältesten Einwohner in Isle de France nur eines einzigen Hagelfalls entsinnen konnten. In höheren Regionen über 350 Toisen dagegen ist Hagel nichts seltenes. In den Polargegenden ist Hagel äußerst selten, obwohl er auch hier von Scoresby (*Account of the arctic regions and the northern whale-fishery*, Vol. I. p. 424.) mehrmals beobachtet worden ist. Indessen glaube ich, daß der Hagel bei bedeutenderen Kältegraden nichts anderes sey, als gefrorene Regentropfen, daher entstanden, daß bei einer Temperatur über dem Gefrierpunkte in höheren Regionen der Atmosphäre, durch Vermittelung wärmerer Winde sich ein Niederschlag gebildet hatte. Wenn Winde wehen, so verbreiten sie sich nicht allemal in der senkrechten Luftsäule bis zur Erdoberfläche, wovon Langsdorf (Bemerkungen auf einer Reise um die Welt, Bd. II. S. 189.) ein merkwürdiges Beispiel erzählt. Die See war nämlich fast ganz ruhig, fast spiegelglatt, und die unteren Segel hingen, wie bei einer Windstille, ganz schlaff, die oberen aber waren bei einem regelmäßigen steten Winde (SO.) so voll, daß das Schiff eine kurze Zeit hindurch 6 Meilen in einer Stunde lief. Auch Bruce (*Voyage aux sources du Nil*. T. XI. p. 130. der Castera'schen Uebersetzung) erzählt ein hieher gehöriges Beispiel: »*Pendant la nuit on distinguait constamment deux courans d'air; celui, qui était le plus bas venait du Nord-Est et tournait le matin un peu à l'Est; tandis que des nuages blancs, très légers et très élevés, courant rapidement du Sud-Ouest indiquaient, que la vent régnait en haut dans cette direction.*« Bruce befand sich damals in Tscherkin in Abyssinien 15° N. Br., also entfernt von den Meeresküsten, wo diese Erscheinungen nicht selten sind.

Und warum sollten Regentropfen bei ihrem Durch-

fallen durch die Atmosphäre nicht eben so gut gefrieren können, wie Schneeflocken schmelzen, was Lambert (*Acta helvetica*, Vol. III. p. 325.) in der Nähe von Chur beobachtet hat, wo es auf den Bergen schneite, in der Ebene regnete? Abgesehen auch von dem Umstande, daß bei großen Kältegraden die wärmeren Luftschichten die höheren Regionen der Atmosphäre einnehmen, so können ja viele Ursachen dazu beitragen, die Gränze, von welcher sich die proportional fortschreitende Abnahme des Wärmestoffs datiren muß, die Curve der größten Dichtigkeit in Bezug auf alle höheren Luftschichten weiter emporzuschieben. Schon die Variationen der horizontalen Strahlenbrechung lehren, daß diese Linie nicht immer mit der Erdoberfläche coincidirt, und in heiteren Nächten ist, wie Pictet (*Essai sur la feu*, §. 156.), Six (*Phil. transact.* 1784, p. 432.), White (*Natural history of Selborne*, London 1822, T. II. p. 140.), Wells (*on dew* p. 153.), Prévost (*Biblioth. univers.* T. XXXV. p. 289.), Brandes (*Gilb. Ann.* Bd. XX. S. 351.) gezeigt haben, dieß nie der Fall.

Regen und Hagel, Schnee und Hagel, ja alle drei Arten von Niederschlägen fallen oft zu gleicher Zeit herab.

» Circa horam 4tam pomeridianam copiosissime pluit, atque simul granula grandinis decidunt, dum interim coruscat et tonat spatium unius horae.«

Calandrelli, *ad obs. rom. Ephem. Soc. Met. Pal.* 1784, p. 521. Nov. 6.

» Hora 1 pom. 2½ pom. etc. per pauca minuta grandin. Grandinis granula parva sunt, irregularem habent figuram, sunt opaca et exiguum duritiem habent. Excepta hora 7 vespert. constanter dum grandinat, validiore vi spirat Sw. Hora 5½ cum grandine nivis flocculi aliqui decidunt.«

Idem l. l. p. 509. ad. April 2.

»Hora 2 pom. per pauca minuta ningit et grandinat atque deinde spatio $\frac{1}{4}$ horae pluit.

Idem l. l. p. 505. Jan. 21.

»Ab hora 11 mat. imbres subinde mixti grandine minore et dubie etiam nivibus. Hora 12 meridie tempestas fulminea a longe. Hora 3 $\frac{1}{4}$ imber mixtus grandine majore rarius cadente et circa horam 7 vesp. etiam sola nix cadit.«

Preufs, ad obs. Sagan. Eph. l. 1784, p. 369.

Mart. 27.

»Hora 6 nix minori grandine mixtim cadit, postea etiam pluvia modica.«

Id. ad obs. Sagan. 1783, p. 368. Nov. 27.

Bei dem Hagel findet gemeiniglich ein plötzliches Hervortreten der Wolke statt.

»Der Blitz erscheint nicht vor der Wolke, sondern ganz bestimmt erst nachher, nicht vor der Aenderung der Form, sondern nachdem sie geschehen ist. Ein sehr neues Beispiel hiervon war das Westgewitter und der Hagel, die man am 5. Novbr. 1813 in Berlin sah. Der Himmel war heiter im Zenith, trübe umher. Plötzlich weht schneller der warme Wind aus W., die Wolke bildet sich schnell, und es schien mit einem Male Nacht geworden zu seyn. Blitz und Donner, die man sogleich darauf erwartete, erschienen auch eine halbe Minute darauf.«

Leop. v. Buch, über den Hagel (Abhandl. der Berl. Acad. phys. Kl. 1815.) S. 85.

»Bei schönem warmen Sonnenschein stand das Thermometer bei Kengis am Torneåstrome um Mittag auf beinahe $+10^{\circ}$ R. Die Luft war ganz still und es standen nur wenige leichte weisse Wolken am Himmel. Plötzlich tritt eine große schwarze Wolke hervor und die Hagelkörner fallen dicht, erbsengroß und birnförmig, wie bei Alten herab. Das währte aber

kaum eine Viertelstunde, und bald darauf schien die Sonne wieder hell. Das Thermometer stand auf 8°.«

Leopold v. Buch, Reise durch Norwegen und Lappland, Bd. II. S. 126.

Man vergleiche noch unter andern Froriep's Notizen, Bd. VI. S. 201.

Auch pflegt der Hagel, wo nicht immer, doch sehr häufig, von einem sogenannten *vent par rafales* begleitet zu seyn, welcher Luftschichten von sehr verschiedener Temperatur schnell nach einander herbeiführt. Auffallende Beispiele solcher Winde sind folgende:

»*Les vigies crièrent du haut des mats, qu'ils sentaient des vapeurs brûlantes, semblables à celles de la bouche de la four, qui passaient comme des bouffées et se succédaient d'une demi-minute à l'autre. Tous les officiers montaient au haut des mats et éprouvèrent la même chaleur. La température était alors de 14° sur le pont: nous envoyâmes sur les barres des perroquets un thermomètre et il monta à 20°. Cependant les bouffées de chaleur passaient très rapidement et dans les intervalles, la température de l'air ne différait pas de celle du niveau de la mer.*«

La Pérouse, *Voyage autour du monde rédigé par Milet-Mureau, ed. 8. Vol. III. p. 30.*

»*L'ouragan, sagt King, fut annoncé par le baromètre: car le mercure descendit, dès que le vent commença à souffler: ce vent d'abord très favorable fut remarquable d'une autre manière; il amena un degré de chaleur presque insupportable. Le thermomètre monta dans un instant d'environ 70 à près de 90° Fahr. La chaleur se trouva d'une si courte durée, que nous l'attribuâmes à des vapeurs brûlantes, que la brise chassa devant elle.*«

Cook, *Trois. voyage à l'Océan pacifique. Par. 1785, 4. Vol. I. p. 151.*

Andere Beispiele erzählen Vancouver, Péron, Frey-

Freycinet, Flinders u. Péron (*Voyage de découvertes*, T. I. p. 418.) erwähnt eines in mehreren Beziehungen merkwürdigen Hagelfalles, dessen hier ausführlicher gedacht werden soll. »In den letzten Tagen unsers Aufenthaltes zu Sydney-town, erzählt Péron, waren wir Zeugen von so heftigen und so oft zurückkehrenden und sich wiederholenden Gewittern, daß unser Erstaunen über das merkwürdige Klima von Neu-Süd-Wales den höchsten Grad erreichte. Niemals hatten wir so schreckliche Donnerschläge gehört, niemals so lebhafte, reißend schnelle Blitze die Atmosphäre durchzucken sehen.« Diese Phänomene fanden bei NW. Winden statt, welche sich in der Grafschaft Cumberland mit dem doppelten Charakter von *äußerster Trockenheit* und Hitze trotz der Ausdehnung und Höhe der Gebirgsmassen zeigen, über welche sie hinwegstreichen müssen, um zu diesem Ziele zu gelangen. Diefes Resultat ergibt sich aus den Beobachtungen von Collins (*Account of New South Wales*, p. 154. 189. 257. 386. u. a. a. O.), Philipp, Hunter, Watts, Tench, Pering, Péron (a. a. O. I. p. 396.). »Der 7. October, fährt er fort, bot uns in dieser Beziehung eine Erscheinung dar, von der vielleicht kein zweites Beispiel in den Annalen der Meteorologie existirt. Den ganzen Morgen dieses Tages war das Wetter sehr schön, der Himmel und das Meer ganz ruhig gewesen. Nachmittags ging der Wind auf einmal nach NW. über (*en soufflant par rafales*); eine ungeheure Masse schwarzer Wolken durch diese Windstöße vom Gipfel der blauen Berge zurückgeworfen, stürzte in die Ebene hinab. Diese Wolken waren so schwer, daß sie gleichsam die Oberfläche der Erde bestrichen. Die Hitze war erstickend, das Réaumur'sche Thermometer stieg plötzlich von 18° auf 27°. Bald öffneten sich die Wolken mit einem ungeheuren Lärmen, die Blitze blendeten unser Gesicht, und überall sah man die Strahlen in Schlangenlinien von blauer Farbe herabstürzen.

In diesem Augenblicke des Sturms wehte der Wind aus allen Punkten des Compasses*), und seine Heftigkeit nahm in dem Maafse zu, als die Unordnung und der Wechsel in der Richtung bedeutender wurde. Jedesmal wenn ein Strom *grofstropfigen* Regens herabgefallen war, hofften wir das Ende des Gewitters, aber plötzlich kam aus dem Schoofse einer *höher belegen*en Wolke, die bei weitem schwärzer war, als alle übrigen, ein reichlicher Hagel herab, merkwürdiger durch die Form seiner Körner, als durch ihre Gröfse. Einige der bedeutendsten wogen 3 Decagrammen (1 Unze) und jedes von ihnen hätte statt der mehr oder weniger kuglichen Form, wie sie in unseren Climates gewöhnlich ist, eine längliche Figur von unregelmäßig prismatischer Form.« Auch Collins (*account of new-south-wales*, p. 445.) erzählt von einem Hagel, der in Form breiter Eisstücke herabstürzte. Daß diese Winde, für die es in der deutschen Schifffahrt gewiß einen Ausdruck giebt, der mir aber nicht bekannt ist, und welche die Franzosen *vents par bouffées*, *vents par rafales* nennen, zwischen den Tropen nicht wehen, ist, da sie den Hagel begünstigen müssen, wie man weiter unten sehen wird, gewiß mit eine Ursache der Seltenheit des Hagels in den Aequatorialgegenden. Al. v. Humboldt (über die Hauptursachen der Temperaturverschiedenheit auf unserem Erdkörper, Berlin 1827, S. 17.) sagt: »Unter dem Palmenclima führt ein schwacher Ostwind immerdar gleicherwärmte Luftschichten herbei. Das Barometer zeigt, wie der Gang der Magnetnadel, die Stunden des Tages an. Erderschütterungen, Stürme und Donnerwetter stören die kleine, aber periodische Ebbe und Fluth des Luftmeeres nicht. Die veränderte Abweichung der Sonne, die dadurch in ihrer Stärke

*) Dieß ist häufig bei starken Stürmen der Fall, Vergl. Krusenstern's Reise, Bd. I. p. 254. v. Langsdorf, Bemerkungen auf einer Reise um die Welt, Bd. I. S. 188. Gilb. Annalen, Bd. XXXI. S. 432. Bd. XXIX. S. 179.

modificirten oberen Luftströme vom Aequator gegen die Pole, bestimmen den Anfang der Regenzeit und die elektrischen Explosionen, welche beide zu regelmässigen Epochen eintreten. Nach der Richtung des Wolkenzuges kann der Reisende sich fast wie nach der Magnetnadel orientiren, und in der trocknen Jahreszeit würde in vielen Gegenden der Tropenwelt die Erscheinung eines Gewölkes am dunkelblauen Himmel die Bewohner eben so in Erstaunen setzen, als uns der Fall eines Aërolithen oder des rothen Polarschnees, als den Peruaner das Krachen des Donners oder als alle Bewohner tropischer Ebenen ein Hagelwetter.«

Der Hagel ist offenbar ein locales Phänomen, wie schon du Carla und Leop. v. Buch bemerkt haben. Beleg dafür sey Middelburgh. Im Jahre 1783 fiel daselbst 24 Mal Hagel, wovon 14 Mal in den drei ersten Monaten des Jahres, 7 Mal im November, 4 Mal in den acht Monaten. Im Jahre 1784 22 Mal, wovon in den vier ersten Monaten 13 Mal, im November und December 7 Mal. In den fünf letzten Monaten des Jahres 1782 fiel ebendasselbst 15 Mal Hagel. Man sieht auch noch aus diesem Beispiele, welches ich gerade aus dieser Ursache gewählt habe, daß $\frac{9}{10}$ der zu Middelburgh beobachteten Hagelfälle auf die Wintermonate kommen.

Was die Höhe der Hagelwolken anbetrifft, so ist diese gemeinlich sehr niedrig, wie diefs Arago aus dem Zeitintervalle erwiesen hat, welches zwischen Blitz und Donner bei ihrer Entladung verfließt. Indessen ist diefs nicht immer der Fall. Bei der oben angeführten Beobachtung Péron's war die Hagelwolke höher, als alle übrigen. Al. v. Humboldt (*Récueil d'observations astronomiques*, Vol. I. p. 304.) beobachtete ein ungeheures Hagelwetter auf dem Vulcano da Puracé in 4433^m, 2 Höhe (Therm. in freier Luft 5° C. am Barometer 7°. Barom. 200^{mm}, 3. Beobachtungszeit 23^u), während zwischen den Tropen die untere Wolkengränze in der Nähe des Mee-

res (bei Xalapa in 19° n. Br.) 1300^m beträgt. (Alex. v. Humboldt, *Essai politique sur le royaume de la nouvelle Espagne*, ed. en 4. T. I. p. 40.). So fiel auf dem Paramo de Guancas in Südamerika Hagel (Schweigger's Journ. Bd. XLIV. S. 106.). Ich sehe keinen Grund davon ab, weshalb man die Hagelwolken von dem Cumulus trennen sollte. Ueber die wahre Höhe der Wolken, wenigstens über die Erhebung der unteren Gränze der einzelnen Wolkengattungen über das Meeresniveau in verschiedenen Climates fehlt es noch durchaus an Beobachtungen. Gay-Lussac und Biot fanden sie bei ihrer aërostatischen Fahrt mitten im Sommer über Paris etwa in 600 Toisen Höhe. Diefs stimmt ziemlich mit Humboldt's Beobachtung überein. Crosthwaite in Keswick im nördlichsten Theile von England beobachtete unter 5381 Wolken nur 2100, welche eine Höhe über 3150' hatten (s. Dalton, *Meteorological observations and essays*, p. 39.). Vergleichen wir diese drei Angaben mit einander, so läßt sich im Allgemeinen der Satz daraus abstrahiren, der wohl der einfachste ist, welcher sich in dieser Beziehung aufstellen lassen kann, daß die untere Grenze des Cumulus (wie diefs zu verstehen sey, darüber vergleiche man v. Humboldt, *Voyage aux rég. équinox.* T. VIII. p. 320.) desto höher liegt, je weiter man sich dem Aequator nähert und der Elasticität und Intensität des aufsteigenden Luftstroms proportional ist. Diefs möchte zugleich eine Erklärung über die Suspension der Wolken geben, welche zu so mannigfachen Hypothesen Anlaß gegeben hat (s. Gay-Lussac und Fresnel in den *Annal. de chim. et de phys.* T. XXI.).

Hagel ist ein gewöhnlicher Begleiter der Wasserhosen:

»*Pendant la durée des trombes, nous avons de tems à l'autre de petites bouffées de vents de tous les points du compas et quelques légères ondées de pluie, qui tombaient en larges gouttes. A mesure,*

que les nuages s'approchaient de nous, la mer était plus couverte de petites vagues brisées, accompagnées quelquefois de la grêle.

Cook, *Second voyage à l'hémisphère austral*.
Paris 1778, 4. T. I. p. 218.

Vergl. Forster, *Observations*, p. 100. Auch Michaud (Gilb. Ann. Bd. VII. S. 54.) beobachtete zu Nizza Hagel bei einer Wasserhose. Bei seiner Beobachtung fand der merkwürdige Umstand statt, daß, obgleich die Körner von der Größe einer Flintenkugel waren und in wenig Minuten 4" hoch fielen, sie doch den Bäumen nicht den geringsten Schaden thaten. Sie bestanden nämlich im Grunde aus weiter nichts, als aus großen Schneeflocken, die vom Winde während des Falles zusammengeballt waren und weder das Gewicht noch die Härte des Hagels besaßen. Michaud öffnete einige Körner und fand, daß sie aus einer dünnen, aber dichten Schale bestanden, in der beinahe nichts, als einige Strahlen zu sehen waren, die von dem Mittelpunkte nach dem Umfange gingen. Sie waren in so geringem Grade gefroren, daß sie schmolzen, sobald sie den Boden berührten, und auch das Schmelzen eines vorher gefallenen Schnees, welcher einen sehr geringen Temperaturgrad besessen haben mußte, beförderten. War dieß Schnee, kann man wohl mit Recht fragen, oder Hagel? Einige andere Beispiele hat Noggerath zusammengestellt (Schweigger's Journal, Bd. LVI. S. 383.).

Nach diesen durch die Erfahrung festgestellten und, wie ich glaube, hinlänglich begründeten Thatsachen gehe ich zu den einzelnen Theorien über, die wir bis jetzt davon besitzen.

Die frühesten Untersuchungen über den Hagel hatten zum Zweck, in den höheren Regionen der Atmosphäre eine Schicht nachzuweisen, wo sich eine so geringe Temperatur befindet, daß wenn ein Niederschlag durch Vermischung zweier Luftschichten von ungleicher Tempera-

tur erfolgte, dieser nothwendiger Weise gefrieren mußte. Aber diese Schicht hat eine zu bedeutende Höhe über dem Meeresniveau, als dafs hier die Hagelbildung erfolgen könnte. Nimmt man nämlich die Wärmeabnahme für 1° R. nach folgenden Angaben im Mittel:

Beobachter.		
Al. v. Humboldt	122,6	<i>Recueil d'observ. astron. T. I. p. 129.</i> <i>Voyage, Part. IV.</i>
- -	124,6	Gilb. Ann. XXIV. S. 29.
Gay-Lussac	111,5	<i>Annales de chim. LII. Journ. de</i> <i>phys. LXXI. p. 35. Journ. d. mines.</i> <i>XXIV. p. 22.</i>
H. B. v. Saussure	112	<i>Voyage les Alpes, III. p. 244.</i>
d'Aubuisson	103	<i>Geologie, T. I. p. 428.</i>
Mittel	114,5	

so erhält man eine Höhe der Hagelwolken bei einer Temperatur von +15° R., wo doch nicht selten Hagel fällt, von 13167', die die Unstatthaftigkeit dieser Hypothese sogleich nachweist, ohne dafs es weiterer Einwürfe bedürfte. Es ist zwar denkbar, dafs kalte Winde, welche wegen der auferordentlich geringen Wärmeleitung der Luft ihre niedrige Temperatur beibehalten hätten, von nördlichen Gegenden herwehten und auf diese Weise den Hagel hervorbrächten, aber theils erklärte auch diese Annahme keinen Hagel bei 20° R., wo er doch ebenfalls vorkommt, theils kommt Hagel bei allen Winden, selbst Südwinden vor. Ueberdies ziehen Hagelwolken gemeiniglich sehr niedrig, wie schon oben bemerkt worden ist.

Nach dieser Erklärung des Hagels kann man auf eine zweite, welche namentlich denjenigen Physikern angehört, welche alle Erscheinungen der Atmosphäre als *Wirkungen* der Elektricität darstellten. Sie glaubten, dafs die in den *Wolken angehäuften* Elektricität die Verdunstung der niedergeschlagenen Wassermassen befördere,

Kälte hervorbringe und so das Gefrieren der Regentropfen bewerkstellige. Aber schon van Marum (Gilb. Ann. Bd. I. S. 121.) und später Erman (Gilb. Ann. Bd. XL. S. 419. Abhandl. der Berl. Acad. 1814—1815, phys. Kl. S. 151.) und Muncke (Gehler's physik. Wörterbuch, neue Ausg. Bd. III. S. 289.) haben überzeugend gegen Cavallo (Versuche über Theorie und Anwendung der medicinischen Elektricität, §. 65., 2. Uebers.) und Hermbstädt (Gehlen's neues allg. Journ. der Chemie, Bd. II. S. 339.; Gilb. Ann. Bd. VII. S. 506.) dargethan, daß Elektricität durchaus keine Wirkung auf die Quantität und Geschwindigkeit der Verdunstung äußert, daß nicht elektrisirtes Wasser eben so wie elektrisirtes Dunst in gleicher Quantität und von gleicher Expansivkraft unter übrigens gleichen Umständen erzeugt. Ferner haben Saussure, de Luc u. a. gezeigt, und namentlich hat in dieser Beziehung Reimaruss viel geleistet, daß Wolken keine Magazine von Elektricität sind, worauf ich weiter unten zurückkommen werde.

Eine dritte Theorie hat Volta aufgestellt (s. Arago, *Annuaire du bureau des longitudes* 1828, p. 100. folg., und daraus unter andern in Poggendorff's Annalen, Bd. XIII. S. 344.). Er glaubt nämlich, daß die Sonnenwärme eine Verdunstung der sogenannten *vapeurs vésiculaires* (Dunstkügelchen, Duustblasen), aus welchen die Wolke besteht, oder wenigstens der Oberfläche des sie umgebenden Häutchens bedinge, und auf diese Weise den zur Bildung des Hagels erforderlichen Kältegrad hervorbringe. Die Vergrößerung der Hagelkörner entsteht nach ihm durch Oscillation derselben zwischen zwei elektrischen Wolkenschichten und hierdurch bedingtes längeres Verweilen in der oberen Luft, wo durch ein Anziehen der Dünste und allmähliges Anwachsen des Kernes möglich gemacht wird. Diese Theorie, welche noch jetzt sehr viele Anhänger, namentlich in Frankreich findet, bedarf einer etwas ausführlicheren Widerlegung. Es fallen

nicht selten Hagelkörner von 3 bis 4" Durchm., um größerer Massen, deren hier und da Erwähnung geschieht, nicht zu gedenken (*Philosophical transact. abridged, Vol. IV. p. 172.*; Gilbert's Ann. Bd. XLVI. S. 75., *si fabula vera est!* Lampadius, *Atmosphärologie*, §. 241.). Diese Massen sollen sich durch Verdunstung des Häutchens der blasenförmigen Dünste bilden, deren Dicke doch, nach Kratzenstein, nur 0",000002 beträgt, während der Durchmesser des ganzen Bläschens, nach Saussure (*Essais sur l'Hygrométrie*, §. 202. p. 288. ed. 8.), nur 0",00036, und nach Fraunhofer's Theorie der Höfe größerer Art nur zwischen 0",00194 und 0",00052 (siehe Schumacher's astron. Abhandl. Heft 3. S. 62. folg.) Gröfse besitzt. Gesetzt nun, es könnte sich durch den von Volta angegebenen Prozeß ein noch so geringer fester Kern bilden, wie lange soll die Oscillation dauern, damit das Korn nur zu 1" Durchmesser anschwelle? Ferner läßt sich nicht begreifen, wie Sonnenstrahlen oder eine andere Wärmequelle die Verdunstung einer Flüssigkeit determiniren könnten, ohne eine Erwärmung hervorzubringen, welche die durch Verdunstung bedingte Temperaturverminderung ersetzte. Bellani bedeckte zwei Thermometerkugeln mit nasser Leinwand und setzte sie der freien Luft aus, und zwar das eine im Schatten, das andere im Sonnenlichte. Hierauf bemerkte er wohl an der das letztere Thermometer bedeckenden feuchten Leinwand eine stärkere Verdunstung, als an der anderen, aber der Stand der Quecksilbersäule zeigte an derselben eine höhere Temperatur an. Nach Volta's Meinung ist das Sonnenlicht zur Bildung des Hagels unumgänglich nothwendig; aber wie kann dann nach Sonnenuntergang, oder des Nachts, oder gar kurz vor Sonnenaufgang Hagel fallen? Hier müßten die Hagelkörner, besonders wenn der Hagel vor Sonnenaufgang herabfällt, sich 10 bis 12 Stunden oscillirend in der Luft erhalten haben. Wie bei der oben angeführten Beobachtung

Bellani's, bei der noch der bemerkenswerthe, durchaus gegen Volta's Theorie, sprechende Umstand obwaltete, dafs sich am Abend zuvor gar keine Spur von Wolken am Himmel gezeigt hatte. Was nun ferner die von Volta angenommene Oscillation betrifft, gegen die sich schon früher Prechtl (Gehlen's Journ. Bd. VII. S. 223.) erklärte, so ist sie erstlich eine reine Hypothese, und von Niemand beobachtet worden, wie es doch wohl hätte geschehen müssen, da so Mancher auf Bergen in Hagelwolken verweilt hat; ferner ist sie blofs auf Analogie des elektrischen Tanzes gegründet, wo zwei Körper zwischen zwei entgegengesetzt elektrischen Platten hin und her geworfen werden. Volta mufs also zwei Wolken-schichten annehmen, zwischen denen sich die Hagelkörner oscillirend erhalten; aber diese können keine solche Oscillation hervorbringen, da Bellani nachgewiesen hat, dafs, so wie die eine der beiden Platten durch eine Flüssigkeit ersetzt wird, die elektrische Oscillation aufhört. Ja es läfst sich zeigen, dafs Volta's Theorie auf einer durchaus falschen Ansicht von der Luftelektricität beruhe. Wolken sind Niederschlag der in der Atmosphäre zuvor vorhandenen Wasserdünste, und eben erst durch diesen Niederschlag und das dadurch bedingte Freiwerden von vorher, wenn ich mich so ausdrücken darf, latenter Elektricität werden sie elektrisch, und erregen auf der ihnen gegenüberliegenden Erdoberfläche die entgegengesetzte elektrische Spannung. Es mufs also bald ein Durchbruch durch die Luft erfolgen, der, sobald er geschehen ist, die beiden zuvor elektrischen Flächen in vollkommenen Neutralisationszustand versetzt, der erst dann wieder aufhört, wenn die Wolke neue Elektricität durch neuen Niederschlag erhält. In diesen Intervallen müfste nun der Hagel nothwendigerweise herabfallen. Diefs geschieht aber nach Volta's Theorie nicht, denn wenn ein Hagel vor Sonnenaufgang fällt, so mufs er schon, nach Volta, am Tage vorher, als noch die Sonne über dem Horizonte

stand, erzeugt worden seyn, sich also die ganze Nacht hindurch in der Atmosphäre oscillirend erhalten haben, also die elektrische Ladung der Wolke permanent seyn, ohne daß ein Durchbruch erfolgen mußte. Alles dieß genügte wohl, die Ansicht Volta's zu verwerfen. Was gegen seine Theorie erinnert worden ist, gilt auch Theilweise gegen die von Gay-Lussac (Humboldt, *Voyage aux régions équinox. T. VI. p. 352.*) aufgestellte. Als er nämlich mit Biot zum ersten Male sich im Luftballon erhob, um physikalische Beobachtungen, namentlich über die Constitution unserer Atmosphäre anzustellen, beobachtete er, daß die Wolken an der oberen Seite eine fast vollkommene Fläche bildeten (Gilb. Annalen, Bd. XX. S. 8.), die einer beschneiten Ebene glich, wie dieß an der unteren Seite beim Cumulus (Brandes, Beiträge zur Witterungskunde, S. 319.) sehr häufig der Fall ist. Diese Oberfläche nun soll durch Wärmestrahlung den zur Hagelbildung erforderlichen Kältegrad hervorbringen, gleich wie in Bengalen durch dieses Mittel bei Temperaturen, die den Gefrierpunkt häufig um 8° R. und mehr übersteigen, Eis gebildet wird. Man vergleiche Rob. Barker, *Philos. transact. LXV.* William's *Phil. transact.* 1793. p. 56. 129. Wells, Ueber den Thau, übers. von Horner, S. 84—95. Gilb. Annal. Bd. III. S. 232. Es müßte aber in diesem Falle Hagel unter den Tropen am häufigsten vorkommen, was doch keinesweges der Fall ist. Denn zwischen den Tropen ist die Wärmestrahlung am stärksten, wie man aus den durch sie hervorgebrachten Wirkungen sieht; vergl. Al. v. Humboldt, *Voyage aux rég. éq. T. VII. p. 32.* u. a. a. O. Rumford, *Philos. Transact. for year. 1804, p. 182.* Der Wärmestrahlung allein ist sicherlich der Tod des Dr. Oudney zuzuschreiben, welcher in der lybischen Wüste bei Murzuk in Fessan vor Kälte gestorben ist (s. Al. v. Humboldt, Ueber die Wärmevertheilung auf unseren Erdkörper, S. 9.).

Leopold v. Buch's Theorie (Abhandl. der Berliner Academie phys. Kl. 1814—1815, S. 73. folg.) gründet sich auf das Princip des aufsteigenden Luftstroms. An Tagen, wo der Boden und die unteren Luftschichten bedeutend viel Wärme absorbiren, werden letztere, theils unmittelbar durch diese Wärmeverschluckung, welche eine Folge von Lichtextinction ist *), theils durch die Wärmestrahlung des Erdbodens, theils durch Mittheilung erwärmt, und bilden auf diese Weise einen aufsteigenden Luftstrom, welcher die mehr oder weniger mit Feuchtigkeit gesättigte Luft bis zu einer beträchtlichen Höhe führt, in welcher sie sich mit der umgebenden Luft in Gleichgewicht zu setzen vermag. Hier nun wird, und vielleicht schon früher, in den niederen Regionen eine Quantität des in Dunstgestalt vorhandenen Wassers niedergeschlagen, welche in Tropfen herabstürzt, die, indem sie durch wärmere Luftschichten hindurchfallen, verdunsten, gefrieren, neuen Dunst anziehen und condensiren, wieder gefrieren und so das Hagelkorn, einen halb aus Eis, halb aus Schnee bestehenden kleinen Gletscher bilden.

Bei Prüfung dieser Theorie, der sich manche Schwierigkeiten entgegenstellen lassen, die aber alle, wie wir weiter unten sehen werden, genügend gehoben werden können, ist wohl die erste Frage die: bei welchen Temperaturgraden kann durch Verdunstung eine Kälte hervorgebracht werden, welche die Verdunstung des Wassers bewerkstelligt. Antwort auf dieselbe geben Gay-Lussac's Versuche über die Verdunstungskälte (*Annal. de chim. et de phys. T. XXI. p. 85. folg.*), die ich in einem etwas weitläufigeren Auszuge und da, wo es angeht, mit seinen eigenen Worten vortragen will, da, so viel ich weiß, sie durch deutsche Zeitschriften noch nicht bekannt gemacht worden und auch in den Abhandlungen des Dr. August über das Psychrometer, welche auf den

*) Vielleicht spräche man besser von Lichtreflexion.

aus ihnen gezogenen Resultaten beruhen, nur kurz berührt worden sind.

Wenn eine Wasseroberfläche in einem mit absolut trockenem Gase gefüllten Raume verdunstet, so wird dieser Prozeß offenbar aus zwei Ursachen verzögert, nämlich durch den Druck des Gases auf die Flüssigkeit und durch den Umstand, daß die Verdunstung nur so lange fortgehen kann, bis sich die Temperatur der umgebenden Luft mit der des entstehenden Dunstes und der Oberfläche der verdunstenden Flüssigkeit in's Gleichgewicht gesetzt hat. Was die erste Ursache anbetrifft, so würde, wenn dieß Gas sich in vollkommenem Ruhezustande befände, gar keine Verdunstung stattfinden, und die Dichtigkeit desselben bei gleichem Drucke der des Dunstes gleich wäre. Setzt man die Temperatur constant, so würde sie ungefähr der Geschwindigkeit des Gases proportional zunehmen, bis daß diese Geschwindigkeit derjenigen gleich wird, welche der Dunst im luftleeren Raume einnimmt. Ist nun die Verdunstungskälte sehr gering, so kann die Erwärmung, die durch die umgebenden Körper bewirkt wird, schneller vor sich gehen, als die Verdunstungskälte eintritt. Indefs ist es nicht nothwendig, daß die Erneuerung des Gases auf der verdunstenden Oberfläche sehr schnell geschehe, diejenige, welche durch den Unterschied der Dichtigkeiten des warmen und des durch die Verdunstung abgekühlten Gases entsteht, reicht hin, wenn die Erkältung wenig beträchtlich ist. Die Flüssigkeit verdunstet ferner bloß durch Hülfe des Gases, welches ihre Oberfläche bestreift; sie kann sich mithin nicht in demselben Grade, wie im luftleeren Raume abkühlen und bei einer gegebenen anfänglichen Temperatur erreicht die Kälte ihr Maximum, wenn die durch den Dunst absorbirte Wärme derjenigen gleich ist, welche das Gas verliert, um sich mit ihm in Gleichgewicht der Temperatur und des Drucks zu setzen, + derjenigen, welche der verdunstenden Oberfläche durch die umgebenden Kör-

per zugeführt wird. Da aber die Quantität der letzteren, wenn die Verdunstungskälte nur einige Grad beträgt, sehr gering ist in Vergleich mit der anderen, so kann sie in diesem Falle vernachlässigt werden. Leider kennt man nicht genau die Quantität der gebundenen Wärme für Dunst der einzelnen Flüssigkeiten, das Gesetz, welches die Expansivkräfte bei verschiedenen Temperaturen und Dichtigkeiten befolgen, die Wärmecapacität der Luft; sonst würde es bei gegebener Temperatur, Dichtigkeit und gegebenem Drucke ein Leichtes seyn, die Verdunstungskälte für jeden einzelnen Fall zu berechnen. Bezeichnen wir diese Temperatur mit t' , nennen wir ferner l die gebundene Wärme des Dunstes, ausgedrückt in Graden des Thermometers, um welche sie die Temperatur einer gleichen Gewichtsmasse der Flüssigkeit erhöhen würde; $\varphi(t')$ die Expansivkraft desselben bei der Temperatur t' , δ das Verhältniß seiner Dichtigkeit zu der der Luft, letztere $=1$ gesetzt, t die bestehende Lufttemperatur, c ihre Wärmecapacität in Bezug auf die der Flüssigkeit, letztere als Einheit angenommen, und p ihren Druck, so erhält man:

$$\varphi(t')\delta l = [p - \varphi(t)](t - t')c.$$

Um diese Formel auf den speciellen Fall anzuwenden, wo Wasser die verdunstende Flüssigkeit ist, setzte Gay-Lussac nach seinen und Welter's Versuchen $l=550^{\circ}$ *), $\delta=\frac{5}{8}$, $c=0,2669$, und nach Laplace **)

$$\varphi(t')=0^{\text{m}},76(10)^{t' \cdot 0,0154547 - t'^2 \cdot 0,0000625826}$$

*) Nach Rumford ist $l=567^{\circ}$, nach Clement und Desormes $=550^{\circ}$, nach Despretz $=531^{\circ}$, nach seinen späteren Versuchen $=540^{\circ}$ (s. Despretz *Traité élém. de phys.* 2. ed. Par. 1827, p. 114.). Der Werth von c ist nach den Versuchen von Laroche und Bérard.

Id.

**) S. *Mécanique céleste*, T. IV. p. 273. Der Satz soll gelten von $t'=-\infty$ bis $t'=60^{\circ}$ C. Soldner (s. Gilb. Ann. Bd. XVII. S. 79. Bd. XXV. S. 429.) sprach den Satz für das Gesetz, welches die Expansivkräfte des Wasserdunstes befolgen, folgender-

Gay-Lussac hat nun, um die Theorie mit der Erfahrung zu vergleichen, auf directem Wege die Temperaturerniedrigung zu bestimmen versucht, welche ein trockener Luftstrom auf ein Quecksilberthermometer hervorbringt, dessen Kugel mit nasser Leinwand bedeckt ist. Die Luft entwich bei bestimmtem Drucke aus einem Gazometer, ging durch eine mit Chlorcalcium angefüllte Röhre, dann durch eine andere, in welcher sich ein Thermometer befand, welches ihre Temperatur angab, und gelangte so zu dem angefeuchteten Thermometer, das sie von allen Seiten umgab: alsdann verbreitete sie sich frei in der Atmosphäre, ohne eine Veränderung des Drucks zu erleiden. Um das Thermometer schneller stationär zu machen, bediente sich Gay-Lussac des Mittels, dafs

malsen aus: „Wenn irgend eine Flüssigkeit unter dem Druck der Atmosphäre $=p$ kocht, so habe sie bei dieser Temperatur eine Expansivkraft ρ , und in trockner Luft eine Verdunstung V , welches durch Versuche gefunden werden mufs. Wenn dann bei einer anderen Temperatur, die um u Grade über der vorigen ist (wenn darunter, wird u negativ), die Expansivkraft e und die Verdunstung v heifst, so findet immer die Gleichung statt:

$$\frac{e}{\rho} = \frac{v}{V} = (1,3802 - 0,00253u)^{0,1345u}$$

Dieser Satz gilt für das Réaumur'sche Thermometer. In Soldner's Zeichen ausgedrückt, lautet Laplace's Formel, die, beiläufig bemerkt, schon bei 130° eine Differenz zwischen dem Resultate und dem Dalton'schen durch Versuche gefundenen Werth von $+18^{\circ}$ giebt, folgendermassen:

$$\log. \frac{e}{\rho} = u \cdot 0,0193184 - u^2 \cdot 0,0000977853.$$

Yvory (Baumgartner's und v. Ettingh. Zeitschr. Bd. III. S. 480.) hat aus Ure's Versuchen, welche mit den Dalton'schen sehr nahe übereinstimmen, nachstehende Formel hergeleitet:

$$\log. \frac{e}{\rho} = 0,0087466 t^2 - 0,000015178 t^3 + 0,000000024825 t^4$$

wo t die Entfernung der Temperatur vom Siedpunkte in Graden Fahrenheit ausdrückt. Diefs zur Vergleichung mit den von August gefundenen Resultaten (diese Ann. Bd. XIII. S. 131.).

Id.

er es ungefähr bis zu dem Punkte abkühlte, bis zu welchem es sinken mußte, und trug es alsdann bis an die Stelle des Apparats, welche es einnehmen sollte. So fand er denn folgende Resultate:

Temperatur der trocknen Luft bei einem Drucke von 0 ^m ,76.	Verdunstungskälte.		Unter- schiede zwi- schen Beob- achtung und Rechnung.	Berechnete Verdun- stungskälte, wenn die Temp. der trocknen Luft unter 0° war, entsprechend der er- sten Columnne, wo die Temp. + waren.
	beobacht.	berechnet		
0°	5°,82	5°,85	0°,03	5°,85
1	6°,09	6°,25	0°,16	5°,61
2	6°,37	6°,55	0°,18	5°,37
3	6°,66	6°,85	0°,19	5°,13
4	6°,96	7°,15	0°,19	4°,89
5	7°,27	7°,45	0°,18	4°,65
6	7°,59	7°,80	0°,21	4°,43
7	7°,92	8°,15	0°,23	4°,21
8	8°,26	8°,45	0°,19	3°,99
9	8°,61	8°,75	0°,14	3°,77
10	8°,97	9°,15	0°,18	3°,55
11	9°,37	9°,65	0°,28	3°,37
12	9°,70	10°,05	0°,35	3°,19
13	10°,07	10°,45	0°,38	3°,01
14	10°,44	10°,75	0°,31	2°,93
15	10°,82	11°,15	0°,33	2°,65
16	11°,20	11°,65	0°,45	2°,51
17	11°,58	12°,05	0°,47	2°,37
18	11°,96	12°,45	0°,49	2°,23
19	12°,34	12°,95	0°,61	2°,09
20	12°,73	13°,35	0°,62	1°,95
21	13°,12	13°,85	0°,73	1°,85
22	13°,51	14°,25	0°,74	1°,75
23	13°,90	14°,65	0°,75	1°,65
24	14°,30	15°,25	0°,95	1°,55
25	14°,70	15°,75	0°,05	1°,45

Dieses galt für trockene Luft; nimmt man sie dagegen bei ihrem gewöhnlichen hygrometrischen Zustande, so kann die Verdunstungskälte nicht so bedeutend seyn,

und sie wird Null für den Fall, wo die Luft mit Feuchtigkeit gesättigt ist.

Hieraus sieht man denn unmittelbar, daß durch Verdunstung kein Hagel in der Wolkenregion selbst erzeugt werden könne, es sey denn, daß ein *vent par rafales successive* wärmere Luftschichten durch kältere hindurchtriebe oder umgekehrt. Es vermischen sich nämlich zwei Luftmassen A und nA ; ihre Temperaturen seyen t und t' , die Expansivkräfte der in ihnen enthaltenen Dunstquantitäten e , e' , so erfolgt ein Niederschlag, nach Hutton's Theorie, wenn $\frac{1}{1+n}(e+ne')$ größer als das Maximum der

Expansivkraft des Dunstes für die Temperatur $\frac{1}{n+1}(t+nt')$ ist. Der zurückbleibende Dunst aber hat eine Expansivkraft gleich dem dieser Temperatur zukommenden Maximum. Al. v. Humboldt (*Voyage aux rég. équ. T. VI. p. 352.*) nimmt an, daß sich der Hagel schon in der Wolke gebildet vorfände, und führt als Hauptgrund dafür an, daß man oft das Zusammenschlagen der Hagelkörner in horizontal fortschreitenden Wolken höre. Diefs Geräusch, welches, wie Arago erzählt, besonders in der Lombardei wahrgenommen werden soll, ist sicherlich mit dem problematischen Tone, den viele Beobachter bei Erscheinung des Nordlichtes gehört haben wollen, in eine Kategorie zu stellen. Sollte sich indels diese Erfahrung bestätigen, was ich nicht glaube *), so bieten die *vents par rafales* eine genügende Erklärung dar.

Aus

*) Eine hieher gehörige Beobachtung von Mories (*Second journal through Persia, London 1818, 4. p. 309—310.*) hat Kämtz in Schweigg. Journ. Bd. LVI. p. 393. mitgetheilt: „Die ganze Gegend um Nazik, südlich von Araxes, hatte seit 40 Tagen keinen Regen gehabt, aber am Tage unserer Ankunft war hier ein starkes Gewitter; dabei regnete es die ganze Nacht hindurch so stark, daß unsere Zelte ganz durchgeweicht wurden, und wir uns genöthigt sahen, den folgenden Tag (5. Novbr.) noch in Nazik zu bleiben. Am Abende zeigte sich eine höchst merkwürdige Erscheinung. Der Himmel war mit Gewitterwolken

Aus Gay-Lussac's Versuchen folgt, dafs durch Verdunstung kein Hagel bei einer Temperatur über $+8^{\circ}$ C. erzeugt werden könne, die Luft als absolut trocken vorausgesetzt. Diefs findet aber in der Atmosphäre wohl nie statt, obgleich Muncke (Gehler's phys. Wörterb. neue Ausg. Bd. I. S. 467.) sagt, dafs der Sättigungsgrad der Atmosphäre mit Wasserdunst vom Maximo der Dichtigkeit, wodurch alle Körper feucht werden, bis zur völligen Trockenheit gehe, wobei selbst zerstoßenes Weinstein-salz und salzsaurer Kalk, ihrer grofsen Affinität zum Wasser ungeachtet, trocken werden. Da aber die Atmosphäre nur selten mit Wasserdunst gesättigt ist, so wird stets eine Verdunstung statt finden können, die bei dem gewöhnlichen hygroskopischen Zustande der Atmosphäre und einer Temperatur $4-5^{\circ}$ C. bis zum Gefrieren der Regentropfen gehen kann. Man sieht hieraus, dafs die Regentropfen recht wohl den von Leop. v. Buch angegebenen Prozeß erleiden, und dafs seine Theorie gewifs die richtige ist, sobald sie folgende Restriction erleidet: die Hagelbildung geht in den höheren unmittelbar unter der Wolke belegenen Schichten beim Durchfallen der Tropfen durch dieselbe vor sich, nicht durch die ganze verticale

überzogen, und wir erwarteten einen Regenschauer, als ein schreckliches Geräusch gehört wurde, ähnlich demjenigen, welches eine grofse, schnell fortrauschende Wassermasse macht. Jedermann im Lager eilte nach der Stelle, von welcher das Geräusch kam, in der Erwartung, dafs ein schneller Strom durch das Bette eines in der Nähe des Lagers liegenden Baches fliefsen würde. Hier angekommen, sahen wir kein Wasser. Aber immer gröfser wurde das Geräusch, und da es sich uns näherte, so wurden wir unruhig. Ein jeder erwartete einen Orcan oder ein Erdbeben; endlich zeigten uns einige sehr grofse Hagelkörner, welche fast die Gröfse von Taubeneiern hatten, dafs die Quelle dieses Geräusches über uns war; als wir nun in die Höhe sahen, entdeckten wir zwei heftige Luftströme, welche die Wolken nach verschiedenen Seiten trieben, deren Zusammentreffen das uns vorher unerklärliche Geräusch hervorbrachte.“ Diefs Alles beweist weiter nichts, als dafs die Hagelkörner bei ihrem Falle durch die Luft gegen einander getrieben werden.

Luftsäule bis zur Erdoberfläche. Vorzüglich günstige Bedingungen für die Entstehung des Hagels sind: große Trockenheit in diesen Schichten, kältere Luftströmungen, welche wärmere Luftsäulen in bedeutender Ausdehnung unterbrechen, ein *vent par rafales* u. s. w.

Ich hatte in meiner ersten Abhandlung als Einwurf gegen Leop. v. Buch's Theorie die Seltenheit des Hagels in den Aequatorialgegenden geltend gemacht. Allerdings sollte, wenn man jene so eben angegebene Modification in der Theorie nicht anbringt, wodurch unmittelbar nachgewiesen wird, weshalb der Hagel in den angeführten Regionen so selten sey, man glauben, daß die Differenz der Feuchtigkeitscapacitäten nirgends größer seyn könne als unter dem Aequator und in jenen wärmeren Tropengegenden, und daß diese um so größer seyn müßte, wenn das Gesetz der Wärmeabnahme am Aequator ein anderes wäre, als in höheren Breiten, und namentlich, wenn die Abnahme schneller erfolgte, wie dieß B. v. Lindenau (Monatl. Corresp. Bd. XVII. S. 25.) aus theoretischen Gründen wahrscheinlich gemacht hatte. Seine Deduction *a priori* war zwar von Al. v. Humboldt (*Récueil d'observ. astron. Vol. I. p. 126.*) angegriffen worden; aber, wie auch v. Lindenau schon bemerkt hatte, stimmt er selbst dafür, wenn er in der angeführten Abhandlung sagt: »*Nous prouverons plus bas, que le décroissement du calorique dans l'air est fonction de la température moyenne des plaines. En considérant le décroissement moyen de toute l'année, on le trouve aussi plus rapide dans la région équinoxiale que dans la Zone plus voisine du pôle.*« Dichtigkeiten und Temperaturen stehen im umgekehrten Verhältnisse: die Temperatur nimmt vom Aequator nach dem Pole zu ab, die Dichtigkeiten in den unteren Schichten zu, und mit diesem Wachstume ist unmittelbar die Zunahme der Lichtextinction verbunden. Wärmeabnahme ist zugleich Function der unmittelbar durch die Atmosphäre hindurch-

gehenden Lichtstrahlen sowohl, als der vom Erdboden reflectirten; beides ist stärker am Pole, letzteres wegen größerer Ausdehnung der Ebenen. Da wo sich in den Tropengegenden große Plateaus auf den Gebirgen oder ausgedehnte Ebenen in niederen Höhen finden, wo also die Radiation des Bodens stärker ist, als in dichtbewachsenen Thälern oder auf kegelförmigen Bergspitzen, da ist auch, wie Al. v. Humboldt gezeigt hat, die Wärmeabnahme geringer (*Recueil d'observ. astr. I. p. 132.*) 258^m,4 im Mittel der Temperaturen von Quito, Popayan, St. Fé de Bogota, Mexico, für 1° C. Schon Villar (*Voyages de Saussure, §. 936.*) bemerkte, daß Pflanzen der Ebene da am höchsten sich an den Gebirgen aufwärts erheben, wo die Masse derselben am größten ist. Humboldt selbst hat den Satz angenommen, daß in einer gewissen Höhe unter allen Breitengraden eine gleiche Temperatur herrsche. Hierzu bestimmte ihn die Vergleichung der unter dem Aequator und von Gay-Lussac unter dem 45° N. Br. angestellten Beobachtungen (Gilb. Ann. Bd. XXIV. S. 37.). Es fanden nämlich

in einer Höhe von	Humboldt am Chimborazo	Gay-Lussac über Paris
2440'	+2°,5 R.	+5°,8
2850	+2°,3	+1°,6
3012	—1°,3	—2°,0
		+2°,0 } —1°,2 }

Die bei Gay-Lussac's Beobachtungen in Parenthese eingeschlossenen Zahlen stimmen besser mit Al. v. Humboldt's Angaben überein, und sind von Gilbert durch Correction der Höhe von Paris über dem Meeresniveau (20') aus Gay-Lussac's Beobachtungstabelle hergeleitet worden. So sehr aber diese größere Wärmeabnahme für eine bedeutendere Differenz der Dunstcapacitäten spricht, so ist doch ein Umstand zu berücksichtigen, der, wenn auch die Verdunstung der Regentropfen bis zur Erdoberfläche hinabgehen könnte, die Sel-

tenheit des Hagels in den Aequatorialgegenden bedingen müßte, nämlich die geringe Differenz zwischen der wirklichen Expansivkraft des Dunstes und dem der Temperatur zukommenden Maximum. Dafs dieß der Fall sey, lehren Al. v. Humboldt's Hygrometerbeobachtungen, und zugleich eine Vergleichung der in unseren Breiten fallenden Regenmasse mit dem correspondirenden mittleren Hygrometerstande und der Quantität jährlichen Regens unter dem Aequator. In den gemäßigten Climates nämlich fallen bei einem mittleren Hygrometerstande von 60° Sauss. jährlich im Mittel $20 - 30''$ Regen; in Paris im Durchschnitte nur $19 - 20''$, in Leiden $28'',5$ (Gilb. Ann. Bd. IV. S. 326.), in Carlsruhe, nach Böckmann (Gilb. Ann. Bd. XLI. S. 85.), $27'' 4'''$, in Rom, nach Calandrelli, $29'',3$ (Gilb. Ann. Bd. XXIV. S. 239.), in England, nach Dalton, $28'' 7'''$ (Gilb. Ann. Bd. XV. S. 252.). Regengüsse, wie der von $1'' 1'''$ in einer Stunde zu Montpellier, von $13'' 2'''$ in 18 Stunden zu Viviers, von $17''$, $\frac{1}{2}$ in $30'$ zu Genf (*Ann. de chim. et de phys. T. VIII. p. 399. Ephemer. societ. meteor. Palat. Vol. III. 1783, p. 429. Journal de phys. T. LX. p. 391.*) gehören bei uns zu den Ausnahmen, und eben so mittlere jährliche Regenmassen, wie die von Kendal $60'',5$ (Gilb. Ann. Bd. XXV. S. 327. Humboldt, *Voyage aux rég. éq. T. IX. p. 372.*) von Bergen, nach Ahrentz, $70'',48$ (*Nye Samling af Kiöbenhavn Videnske Solskåby Skrifter, Bind XI. Gilb. Ann. XXV. S. 326.*). Dagegen beträgt das hygrometrische Mittel in den Wäldern des Orinoco und Rio Negro nach Alexand. v. Humboldt (*Voyage aux rég. éq. T. VIII. p. 399.*) $90'' - 100''$, in Bombay $72'' - 106''$, in St. Domingo $113''$ (Al. von Humboldt, a. a. O. T. IX. p. 372.), in St. Luis da Maranhão (Br. $2^{\circ} 19' s.$) $23' 4'' 9''$, 7 engl. $= 260''$ franz. In Cayenne fielen, nach Capt. Roussin, im Februar $151''$ Regen (s. Arago, *Annuaire du bureau des longitudes*, 1824, p. 165.), in der Mission San Antonio de

Javita am Orinoco, wo es bisweilen 5 Monate regnet, ohne aufzuhören, binnen 5 Stunden, nach Humboldt's Beobachtung (s. a. a. O. T. VII. p. 306.) 21", und ein anderes Mal in 3 Stunden 14", in Bombay während der zwölf ersten Tage der Regenzeit 32" engl. (*Edinburgh philos. Journ. T. VII. p. 182.*). Indessen herrscht in einigen Thälern des mittleren America's eine Trockenheit, welche bedeutender ist, als die in Genf und Paris beobachtete, und die man am wenigsten in diesen Tropengegenden erwarten sollte. Sie ist so bedeutend, daß die Bäume ihrer Blätter beraubt werden. Al. v. Humboldt, (*Rel. histor. Vol. II. p. 45.*) giebt eine Reihe in dem Schatten der Thäler des Rio del Tuy und von Aragua angestellter hygrometrischer Beobachtungen. Das Mittel gab für den Monat Februar bei einer mittleren Temperatur von 24°,3 C. (das Minimum war 20°,0, das Maximum 28°,1) 35°—36° de Luc oder 70°,8—72° Sauss. In den Monaten, wo in Genf und Paris die mittlere Temperatur 18° erreicht, ist der Stand des Saussur'schen Hygrometers noch über 82°. Vergleiche *Relat. histor. Vol. II. p. 73.* Zwar sagt Hutton sehr richtig (Gren's Journ. Bd. IV. p. 445.), daß die Quantität des herabfallenden Regens nicht allein von der mittleren Temperatur, also von dem Maasse der Ausdünstungen, sondern auch von den Umständen, welche die Mischung zweier nahe mit Feuchtigkeit gesättigten Luftschichten von verschiedener Temperatur begünstigen, d. h. von den Winden abhängt (dies sieht man namentlich bei den an der Westküste von Norwegen herrschenden Wintergewittern, bei denen Hagel sehr häufig ist, vergl. Gilb. Annal. Bd. XXIX. S. 179.), und daß so die *isoombrischen* (*venia sit vocabulo*) Linien nicht mit den isothermen zusammenfielen, aber doch ist die Differenz der Ausdünstung und der jährlichen Regenmasse sehr gering, wie man aus der Beobachtung des Dr. Dobson zu Liverpool, der die mittlere jährliche Verdunstung mittelst eines atmi-

dometrischen Verfahrens auf 36",78 und die mittlere jährliche Regenquantität auf 37",48 engl. ebendasselbst bestimmte (Gilb. Ann. Bd. XV. S. 264.), und den Datis in den Mannheimer Ephemeriden sieht. Uebrigens kam es hier auch nur darauf an, aus der mittleren jährlichen Regenmasse den mittleren Feuchtigkeitszustand herzuleiten, was nicht in Abrede gestellt werden kann.

Warum sollte es nicht Nachts hageln? Viele Reisende, welche die Küsten von Neuholland und van Diemens Land besuchten, haben in der Nacht daselbst Hagel beobachtet. Aber an den dürrn Küsten findet am Tage eine starke Verdunstung bei einer Temperatur von 21° R. bis 25° statt, wodurch vermittelt des aufsteigenden Luftstroms eine ungeheure Quantität von Wasserdünsten, durch den unteren vom Meere herwehenden Luftstrom, den Seewind, herbeigetrieben, zu den höheren Regionen der Atmosphäre emporgehoben werden. Tritt nun Abends der Landwind ein, so wird die Atmosphäre ganz trocken, während aus den oberen Schichten eine unendliche Wassermasse herabstürzt (vergl. Péron, *Voyage aux terres australes*, T. II. rédigé par Freycinet, p. 210. folg.). Hier kann nun und muß sogar Hagel erzeugt werden, denn trotz der ungeheuren, wegen der Wärmestrahlung noch weniger erträglichen, Tageswärme tritt nun eine sehr niedrige, fast kalte Nachttemperatur ein. Dentrecasteaux (*Voyage rédigé par Rossel*, Vol. I. p. 264.) beobachtete im Febr. 1793 am Tage 22° und 23° R., des Morgens um 6 Uhr stand das Thermometer gemeiniglich auf 10°, oft nur auf 6°. Vergl. la Billardièrre, *Voyage à la recherche de la Pérouse*, T. II. p. 27. Freycinet, *Voyage aux terres australes*, p. 50. Solchen Temperaturveränderungen können nur die von Bruce (*Voyage aux sources du Nil*, Livr. VIII. ch. 2.) in der Wüste von Chendi, wo am Tage das Therm. auf 116° Fahr., Nachts auf 42° stand, und von Macartney (*Voyage à la Chine*,

T. III. p. 256. franz. Uebers.) am Flusse Yung-Leang-Ho (6 U. M. 40° F., 2 U. M. 80° F. beobachteten an die Seite gestellt werden. Aehnliche Bedingungen für den nächtlichen Hagel hat ja schon Leop. v. Buch in seiner Abhandlung aufgestellt.

So erklärt sich denn nun auch, weshalb trotz dieser Verdunstung die Quantität des Regens in zwei in verschiedenen Höhen aufgestellten Ombrometern verschieden, und zwar in dem unteren gröfseren ist, als in dem oberen. Denn die der Erdoberfläche näheren Schichten der Atmosphäre sind hinreichend mit Feuchtigkeit gesättigt, um dafs noch ein Theil der vorhandenen Dünste, unter Mitwirkung der niedrigen Temperatur des Hagelkorns condensirt werden kann, So fiel bei Péron's Beobachtung sehr *grofstropfiger Regen*, bei Cook's *pluie en larges gouttes*. Bugge (*Nye Samling af Kiøbenhavn Vidensk. Selskabs Skrifter, Bind II. p. 227.*) fand:

1783 in 7 Monat. im Garten 1250 *)	120 höher..	951
1784 - 12 - - -	2468 - -	2140
1785 - - - - -	2804 - -	2274
1786 - - - - -	2671 - -	1921
1787 - - - - -	2985 - -	2193
1788 in 6 Monat. - -	944 - -	650

So dafs auf eine Höhe von 120' eine Zunahme von $\frac{3}{10}$ des Ganzen kommt. Heberden (*Philosoph. transact. Vol. LIX. p. 1.*) sagt, dafs die Mengen des Wassers, welches nach Angabe der Hyetometer auf die Westminsterabtey in London, auf ein Haus ganz in der Nähe derselben und 15'5 tiefer herabfiel, sich wie 3:8:10 verhielten. In Paris fällt im Hofe des Observatoriums 564^{mm},72 auf der Terrasse 28^m höher 482^{mm},41 Regen, also $\frac{1}{10}\frac{3}{5}$ mehr auf 55' (Bouvard, *Mémoire sur les observations météorologiques faites à l'observation royal de Paris, p. 41.* folg.). Schon diese schnelle Zunahme zeigt, dafs

*) In $\frac{1}{84}$ Theilen des Pariser Cubikzolls ausgedrückt.

sie nur in den untersten Schichten stattfindet, und es beweist also nichts gegen Leop. v. Buch's Theorie, wenn Lucas Howard (Gilb. Ann. XLI. S. 418.) in dem unteren Ombrometer wohl bisweilen nur eben so viel wie in dem oberen, aber nie weniger fand.

Leopold von Buch's Theorie ist also nach meiner, hier weitläufig genug vorgetragenen Ansicht gewiß die wahre und richtige, vorausgesetzt, daß jene Restriction hinzugefügt wird, und ich schmeichle mir, manche bisher gar nicht berücksichtigte Thatsachen zu deren Begründung in das Andenken der Physiker zurückgerufen zu haben. Diese Genugthuung war ich offenbar dem würdigen Manne schuldig, dessen reiflich überdachte Arbeit ich unüberlegter Weise angegriffen habe.

Es sey mir erlaubt noch folgendes hinzuzufügen. Wie die Schneegränze von den Polen nach dem Aequator zu immer weiter hinaufsteigt, wie die Gränzlinie, in welcher temporäre Schneefälle vorkommen, die bei uns noch mit der Erdoberfläche coincidirt, nach den Tropen zu immer höher und höher liegt (Al. v. Humboldt, *Essai politique sur le royaume de la Nouvelle Espagne*, T. I. p. 45. *Rél. histor.* T. I. p. 110.), so auch die untere Schicht der Atmosphäre, in welcher Hagel vorkommt.

VII. *Ueber die Bedingungen, unter welchen das Quecksilber durch Zink in rotirende Bewegungen gesetzt wird; von F. F. Runge.*

Wenn man einen Quecksilbertropfen mit einer gesättigten Lösung von salpetersaurem Quecksilberoxydul in Wasser übergießt, und nun ein Stückchen Zink in's Quecksilber bringt, so geräth letzteres in *sehr heftige rotirende Bewegung*; eine Beobachtung, die ich bereits früher im