Zweite Vorlesung.

Die neulich angestellten Betrachtungen hatten fast allein den Zweck, uns die Mittel, Grade der Wärme mit möglichster Genauigkeit kennen zu lernen, zu verschaffen, und von dieser Seite ist die Ausdehnung der Körper durch die Wärme uns vorzüglich wichtig; aber auch zur Erklärung mancher Natur-Erscheinungen und zu manchen practischen Anwendungen führt uns die Kenntniß jener Wirkung der Wärme.

Erscheinungen, wobei die Ausdehnung durch die Wärme merklich ist.

Es ist eine gewöhnliche Erfahrung, daß ein Glas zerspringt, wenn man heißes Wasser hineingießt und daß dies bei einem recht kalten Glase am leichtesten erfolgt; dies ist der Erfolg der Ausdehnung des Glases, dessen Theile nämlich an der plötzlich erhitzten innern Seite sich auseinander drängen, und weil die noch nicht erwärmten Theile sich noch nicht ausdehnen, ebenso wie beim Beugen des Glases, ein Zersprengen bewirken. Wäre das Glas nicht so sehr spröde, so würde es durch jene Ausdehnung an der innern Seite ebenso eine Beugung seiner Wände erleiden, wie wir es neulich an dem vereinigten Platin- und Silberstreifen sahen; aber die geringste Beugung zerbricht das Glas, und da die Wärme sich nicht so schnell der äußern Seite mittheilt, so bewirket diese Dehnung an einer Seite sein Zerspringen. Dünne Gläser sind diesem weniger ausgesetzt, weil sie schnell genug in allen ihren Theilen erhitzt werden. Die Erscheinung erfolgt ebenso, wenn man ein kaltes Glas auf den heißen Ofen setzt, wird aber da durch das Unterlegen eines sich langsam erwärmenden Körpers, z. B. Papier, gehindert, weil dieses keine so plötzliche und ungleichförmige Erhitzung zuläßt.

Auf eben dem Umstande beruht die Kunst, einen Riß im Glase nach willkührlicher Richtung fortzuführen. Diese Kunst besteht darin, daß man einen glühenden, spitzigen Eisenstab von

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

dem Ende des schon vorhandenen Risses auf der Oberfläche des Glases dahin, wohin der Riß gehen soll, fortführt. Die plötzliche Ausdehnung an dieser Stelle bringt nämlich das Glas zum Springen, und da man sich ganz nahe an dem Ende des Risses, wo der Zusammenhang schon aufgehoben ist, befindet, so wählt der neue Riß die Richtung dahin, wo am wenigsten Zusammenhang zu überwinden ist. Es gehört indeß einige Vorsicht und Gewandtheit dazu, den Riß ganz nach Willkühr zu leiten, und Ungleichheiten im Glase selbst bringen doch noch oft Krümmungen hervor.

Eine ähnliche Ursache trennt bei starker Abkühlung oft Körper, die sich in höherer Temperatur recht gut vereinigt hatten. Sind nämlich zwei ungleiche Körper in wärmerem Zustande an einander befestiget, so ziehen beide sich beim Erkalten in einen engern Raum zusammen, aber der eine mehr als der andre, und dieses hat die Folge, daß die vereinigt gewesenen Theile nicht bei einander bleiben können, ihren Zusammenhang verlieren, und auseinander fallen. Es ist bekannt, daß Siegellack an einer kalten Metallplatte fast gar nicht haftet; hat man die Metallplatte auf einen mäßigen Grad erwärmt, so hält es fest, weil das warme Metall und das warme Siegellack sich nun zugleich zusammenziehen, und weniger geneigt sind sich zu trennen; aber bei starken Abkühlungen trennen sie sich doch. Aus eben dem Grunde bleibt Platindrath in Glas eingeschmelzt fester als Eisendrath oder Silberdrath. Die beiden letztern Metalle dehnen sich nämlich weit mehr als Glas aus, und ziehen sich daher, indem sie nach dem Schmelzen des Glases abkühlen, mehr als das Glas zusammen, jede zwei Metalltheilchen rücken näher an einander als die zwei an sie beim Schmelzen befestigten Glastheilchen, weshalb die Verbindung getrennt wird; Platin und Glas hingegen dehnen sich in mäßigen Temperaturen fast genau gleich aus und bleiben daher vereinigt.

Das Abspringen der dünnen Schichten feinern Holzes an unsern Mobilien rührt zwar meistens von der durch ungleiche Feuchtigkeit und Austrocknung entstehenden verschiedenen Ausdehnung her; aber die Wärme kann eben das bewirken. Das Krummziehen der Hölzer hat ebenfalls diese zweierlei Ursachen, nämlich theils ein Längerwerden der dem Feuer zugewandten Seite durch

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

die Wärme, theils ein Eintrocknen dieser wärmeren Seite; der Erfolg kann daher von entgegengesetzter Art sein.

Der glühend um das Rad geschlagene eiserne Reif muß es sehr fest umschließen, wenn das Eisen kalt geworden ist. —

Daß wir an die ungleiche Ausdehnung der Körper bei manchen Versuchen, wenn wir genaue Folgerungen ziehen wollen, denken müssen, habe ich schon früher zuweilen erwähnt. Das Aräometer, dessen wir uns zu Bestimmung des specifischen Gewichtes gewisser Flüssigkeiten bedienen, sinkt in eine erwärmte Flüssigkeit tiefer ein, und muß um den richtigen Werth für diese Flüssigkeit zu bestimmen, nur bei der Temperatur, für welche es graduirt ist, gebraucht werden. Selbst die Abwägungen eines festen Körpers in irgend einer Flüssigkeit sind, ohne die Rücksicht auf die Wärme, von geringem Werthe, weil sie uns das Gewicht der einen gleichen Raum einnehmenden Flüssigkeit in Vergleichung gegen das Gewicht des festen Körpers für den gerade statt findenden Zustand kennen lehren, aber das Verhältniß dieser Gewichte sich bei ungleicher Wärme ändert. Und ebenso muß man bei genauen Messungen mit Maaßstäben daran denken, daß das was im strengsten Sinne ein Fuß, eine Toise, ein Meter heißt, nicht bei jeder Wärme die Länge des Maaßstabes ist, der dieser Länge gleich angegeben wird. Will man das ganz genaue Maaß eines eisernen Maaßstabes wieder auf einen eisernen Maaßstab übertragen, und ist man sicher, genau gleiches Eisen in beiden zu besitzen, so könnte man, vorausgesetzt, daß beide genau gleich warm sind, bei jeder Temperatur die Uebertragung machen, weil das in größerer Wärme zu große Maaß auch auf dem neuen Maaßstabe in der Kälte sich ebenso verkleinert. Ueberträgt man aber von einem eisernen Grundmaaße auf einen Messingstab, so muß man beide in diejenige Temperatur bringen, wo der alte Maaßstab seine wahre Länge hat, weil Messing sich anderthalbmal so viel als Eisen ausdehnt und daher eine bei Sonnenhitze der Messingtoise gleiche Eisentoise bei der Frostkälte nicht mehr mit ihr übereinstimmt. Aus diesem Grunde werden bei sehr genauen Messungen langer Linien die Wärmegrade zur Zeit der Messung bemerkt; denn obgleich es uns zu gewöhnlichem Gebrauche ziemlich unbedeutend scheint, daß bei einer Sommerwärme von 30° Centes. ein Messingstab von 10 Fuß lang um $\frac{57}{10000}$ eines

Fußes länger ist, als bei der Frostkälte, so macht dies doch, wenn man eine Länge von 10000 Fuß ausmißt, schon $5\frac{3}{4}$ Fuß aus, und jeder Grad Wärme, um welchen man in der Angabe der Wärme fehlt, würde auf 1 Fuß nur 19 Milliontel eines Fußes, aber auf 100000 Fuß beinahe 2 Fuß Fehler hervorbringen. Messungen, die sich mit einer vollkommenen Genauigkeit durch mehrere Breitengrade auf der Erde fort erstrecken sollen, fordern in der Messung der Standlinie die größeste Genauigkeit, weil der hier begangene Fehler sich in gleichem Verhältnisse auf alle größern Linien überträgt.

Nach den französischen Maaßbestimmungen sollte 1 Meter der Zehnmillionste Theil des Erdquadranten, das ist, eines vom Pole bis zum Aequator gemessenen Bogens auf der Meeresfläche, sein; aber der Messingstab, der in 0^0 Wärme dieser Forderung entspräche, würde ihr bei 20^0 Wärme nicht mehr entsprechen, und so wird es verständlich, warum man sagt, der Metermaaßstab halte bei der Kälte des gefrierenden Wassers 443,296 par. Linien desjenigen Pariser Normalmaaßes, welches 2 Toisen = 12 Fuß = 144 Zoll = 1728 Lin. bei $16\frac{3}{4}{}^0$ Cent. Wärme beträgt.

Die Rücksicht, die man bei barometrischen Höhenmessungen sowohl auf die Ausdehnung des Quecksilbers als auf die Ausdehnung der Luft durch die Wärme nehmen muß, ist schon bei den Regeln für die Höhenmessung selbst betrachtet worden. — Auch bei dem Gebrauche feiner Winkel-Instrumente muß man darauf sehen, daß keine Erwärmung, die leicht ein Verändern der Gestalt des Instruments zur Folge hat, statt finde, und die Astronomen sind bei der Genauigkeit, die ihre Beobachtungen fordern, hierauf zu achten genöthiget. Ja selbst die Wände von Gebäuden sind einer Krümmung unterworfen, wenn sie an einer Seite erwärmt werden, und dies ist ein Grund, warum Instrumente auf hohen Thürmen nicht als ganz feststehend anzusehen sind.

Compensationspendel.

Unter den Veränderungen, welche die Wärme bei unsern Instrumenten hervorbringt, ist diejenige vorzüglich wichtig, welche die Pendel, oder in den Feder-Uhren die Spiralfedern, als Regulatoren unserer Uhren, erleiden. Der Secundenzeiger der Pendel-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Uhr rückt immer um 60 Secunden fort, wenn das Pendel 60 Schläge vollendet, aber diese angeblichen Secunden sind nicht Secunden mehr, wenn das Pendel seine Länge ändert; und da unsre Pendel-Uhren von der härtesten Winterkälte bis zur größten Sommerwärme einer Aenderung von mehr als 60 Cent. Gr. unterworfen sind, so ändert ein Pendel mit Stahlstange seine Länge um etwa $\frac{7}{1000}$ der ganzen Länge, das ist, um reichlich $\frac{1}{4}$ Linie, und hiedurch wird die Anzahl der Schwingungen in einem Tage um 30 Schwingungen vermindert, wenn die Wärme um so viel zunimmt *). Diese Aenderungen der Schwingungszeit müßten bei jeder Beobachtung berücksichtiget werden, und dies würde, wegen des unaufhörlichen Wechsels der Temperatur, für ganze Tage und längere Zeiten unausführbar, dadurch aber die bei astronomischen Beobachtungen erforderliche Genauigkeit unmöglich sein. Es ward daher, als man genau gehende Uhren zu machen anfing, ein Bedürfniß, Pendel zu haben, die diesen Veränderungen nicht unterworfen, wo sie compensirt wären. Man hat hiezu vorzüglich zwei Einrichtungen in Anwendung gebracht, unter denen das rostförmige Pendel das bis jetzt am meisten gebrauchte ist.

Wenn man eine Verbindung von Stahlstangen (Fig. 9.) AB, CD, der Wärme aussetzt, so verlängern sich diese bei jedem Wärmegrade (der Centes. Scale) ungefähr um 12 Milliontel ihrer ganzen Länge. Sind auf den unten mit diesen fest verbundenen Stücken BE, DH zwei Zinkstangen FE, GH, fest eingesetzt, so geht, wofern AC fest gehalten wird, mit BE, HD auch das untere Ende der Zinkstangen herab; aber da Zink sich sehr stark ausdehnt, so geht das obere Ende FG, sich von EH entfernend, wieder hinauf, und beide Ausdehnungen müssen sich zum Theil oder ganz einander ausgleichen. Da Zink sich um 30 Milliontel ausdehnt, während Stahl bei 1 Gr. Wärme-Aenderung sich nur um 12 Milliontel ausdehnt, so läßt sich folgende Anordnung des rostförmigen Pendels leicht übersehen. Man nimmt die Stahlstangen AB, CD, 30 Zoll lang, die Zinkstangen FE, GH, 24 Zoll und befestigt an FG die 30 Zoll lange Stahlstange IK, an welcher sich die sehr schwere Linse K des Pendels befindet; wird nun diese

*) Bei Messing sogar 45 Schwingungen.

ganze Verbindung in L aufgehängt, so wird die ganze Entfernung vom Aufhängepuncte bis zur Linse bei jeder Wärme ungeändert bleiben. Durch die Ausdehnung der Stangen AB, CD sinkt nämlich BD um 30 mal 12 Milliontel = 360 Milliontel Zoll herab, die Stangen EF, HG verlängern sich um 24 mal 30 Milliontel Zoll = 720 Mill., weil sie 24 Zoll lang sind und Zink sich um 30 Milliontel ausdehnt, also rückt das Verbindungsstück FG um 360 Milliontel Zoll hinauf, und gerade um so viel verlängert sich die Stange IK hinabwärts, so daß K in gleicher Entfernung von AC oder beinahe in gleicher Entfernung vom Aufhängepuncte L bleibt. Wäre also die Masse der Linse so groß, daß man auf die Stangen nicht zu sehen brauchte, sondern die ganze Masse als im Mittelpuncte der Kugel vereinigt ansehen könnte, so hätte man auf diese Art ein von AC an 36 Zoll langes unveränderliches Pendel. — Da der Mittelpunct des Schwunges nicht genau im Mittelpuncte der Kugel liegt, so wird man die Maaße der Stangen etwas weniges ändern müssen, aber der wichtigste Theil der Compensation ist durch die obigen Verhältnisse bestimmt.

Eine andre Art der Compensation besteht darin, daß man als schwersten Theil des Pendels ein Gefäß mit Quecksilber anbringt, und die Einrichtung so macht, daß dessen Schwerpunct immer gleich entfernt vom Aufhängepuncte bleibt. Die Hauptanordnung ist daher die, daß (Fig. 10.) an der Pendelstange AB ein Gefäß BC mit Quecksilber befestigt ist: dieses Gefäß darf nicht ganz gefüllt sein, damit das Quecksilber nicht gehindert sei, sich auszudehnen. Besteht nun die ganze Verbindung ABC aus Stahl und ist auf den Boden C ein mit Quecksilber gefülltes Gefäß befestigt, so erhält man, wenn AC 38 Zoll lang, das Quecksilber aber 5 Zoll hoch ist, folgende Rechnung. AC dehnt sich um 12 Milliontel bei jedem Grade aus, also sinkt C um 38 mal 12 Milliontel Zoll = 456 Milliontel herab; das Quecksilber dehnt sich bei einem Wärmegrade um 180 Milliontel aus, also rückt der $2\frac{1}{2}$ Zoll über C liegende Schwerpunct um $2\frac{1}{2} . 180$ Milliontel = 450 Milliontel Zoll hinauf und die vorige Senkung ist durch diese Hebung beinahe compensirt, so daß es leicht wäre, durch eine kleine Aenderung des Verhältnisses der Längen, die ohnehin bei den schärfer bestimmten

Ausdehnungen noch etwas anders ausfallen, die Compensation ganz strenge zu erreichen.

Eine ähnliche Compensation, wie das Pendel, fordert die Unruhe der Feder-Uhren, und diese ist um so wichtiger, da gerade die See-Uhren, die Chronometer, auf deren gleichförmigen Gang man bei den längsten Reisen muß trauen können, nicht durch Pendel, deren Bewegung auf Schiffen ohne alle Regelmäßigkeit sein würde, regulirt werden können. Die Spiralfeder einer Uhr verlängert sich bei der Wärme, und macht dann, wenn sie keine andre Masse mit fortzubewegen hat, langsamere Schwingungen; da sie aber die Masse der Unruhe, die als ein kleines Schwungrad anzusehen ist, mit in Schwung setzen muß, so kann man hier die Compensation dadurch bewirken, daß man mit der minder kräftig wirkenden erwärmten Feder eine dem Mittelpuncte näher gerückte, also leichter in Bewegung zu setzende, Masse in Verbindung bringt, oder daß man einen Theil der Masse der Unruhe so anbringt, daß er bei der Erwärmung näher an die Axe rückt. Dies bewirkt man auf folgende Weise. Sie wissen, daß eine aus Messing und Stahl zusammengesetzte gekrümmte Platte a d (Fig. 11.), deren innerer Theil c d aus Stahl, der äußere a b aus Messing besteht, sich bei zunehmender Wärme immer stärker krümmt, weil das Messing sich mehr als der Stahl verlängert; tragen nun zwei solche Streifen die schweren Massen M, M und sind mit der Axe B der Unruhe so verbunden, daß diese Massen alle Schwingungen mit machen müssen, so werden bei gleicher Kraft der Feder die Schwingungen schneller, wenn die Massen M näher gegen die Axe B rücken. Hier, wo dieses Näherrücken durch die Erwärmung, durch die zunehmende Krümmung der Streifen a d, bewirkt wird, und wo die zugleich mit erwärmte und verlängerte Spiralfeder an Kraft verliert, läßt sich beides so gegen einander ausgleichen, daß die Schwingungen der Unruhe gleich schnell bleiben, und Versuche müssen über die dazu nöthigen genauen Abmessungen entscheiden.

Aehnliche Compensationen könnte man auch in andern Fällen, wo eine unveränderliche Länge erhalten werden soll, anwenden.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Unregelmäßigkeit in der Ausdehnung fester Körper.

Ich muß in Beziehung auf die Ausdehnung fester Körper doch noch einen merkwürdigen Umstand erwähnen. Einige Beobachter haben gefunden, daß bei stetigem Zunehmen oder Abnehmen der Temperatur sich das Volumen fester Körper nicht immer ebenso stetig, sondern in kleinen Unterbrechungen, stoßweise, ändert. Eine sehr bekannte Erfahrung scheint mir eben dahin zu gehören. Wenn wir eine sehr erhitzte Ofenthür öffnen, und sie dadurch einer schnellen Abkühlung aussetzen, so giebt sie sehr oft ein beinahe in bestimmtem Tacte sich wiederholendes Geräusch, welches man durch einen leichten Stoß kann aufhören machen; dieses sind, so viel ich einsehe, die stoßweise erfolgenden Aenderungen des Volumens, die bei der Schnelligkeit der Abkühlung stark genug sind, um ein Geräusch zu bewirken; bringt man durch einen Stoß die ganze Masse in zitternde Bewegung, so erleichtert man den Theilchen des festen Körpers die Rückkehr zu dem Ausdehnungszustande, welcher der Wärme gemäß ist, und dieser wird für die nächsten Augenblicke nach jenem Stoße in einem mehr stetigen Uebergange, nicht mehr stoßweise, erreicht *). Diese Erscheinung ist nicht so besonders auffallend oder merkwürdig, da man sich leicht vorstellen kann, daß die Ungleichheit in der Structur fester Körper Hindernisse darbieten mag, die sich der in jedem Augenblicke angemessenen Herstellung der Ausdehnung widersetzen, und die erst plötzlich überwunden werden, wenn bei fortgehender Abkühlung die zusammenziehende Kraft einen gewissen Grad erreicht hat; aber da neulich ein Beobachter hierin einen Beweis für die undulatorische Bewegung des Wärmestoffs selbst hat finden wollen, so verdient sie doch wohl erwähnt zu werden, indem diese Erscheinung gewiß einen ganz andern Grund hat.

Wärme des Wassers in tiefen Seen und im Meere.

Ich gehe zu einigen in die physische Geographie und in die Meteorologie gehörigen Erscheinungen über, die von der ungleichen Ausdehnung flüssiger Körper bei verschiedener Wärme abhängen.

---

*) Laplace expos. du syst. du monde. I. 123.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Die Temperatur des Wassers auf dem Boden tiefer Gewässer wird fast immer niedrig gefunden, z. B. in den Schweitzerseen so groß wie die der größten Dichtigkeit des Wassers entsprechende Wärme *), und in den Tiefen der Meere auch sehr bedeutend niedriger als an der Oberfläche. Dieses läßt sich ziemlich leicht erklären, weil die Sonnenstrahlen mit ihrer Erwärmung gewiß immer nur sehr wenig tief in das Wasser eindringen und daher nur die obern Theile die höhere Temperatur der Luft im Sommer unmittelbar erhalten. Da nun diese durch die Erwärmung leichter werdenden Theilchen kein Bestreben haben zu sinken, sondern fortwährend ihre Stelle an der Oberfläche behalten, so findet kein erhebliches Durchwärmen des Wassers in die Tiefe hinab statt, nämlich nicht weiter hinab, als Wellenbewegung oder Strömung es bewirken. Die Abkühlung dagegen, welche in den kälteren Jahreszeiten, zumal bei Frost und anhaltend kaltem Wetter, eintritt, verbreitet sich sogleich hinabwärts, weil die obern Theilchen, sobald sie schwerer werden als die unteren, sich hinabwärts senken, und die wärmeren Theile zum Heraufsteigen veranlassen. So ist also ein deutlicher Grund vorhanden, warum am Boden tiefer Gewässer ungefähr die kälteste Lufttemperatur, die an dem Orte im Laufe des Jahres vorkömmt, gefunden werden muß, so lange diese Temperatur höher als die der größten Dichtigkeit entsprechende Wärme ist; eine tiefere Temperatur als die der größten Dichtigkeit entsprechende kann (ohne besondre Veranlassung,) am Boden süßer Wasser nie eintreten, weil das Niedersinken kälterer Wassertheilchen (z. B. von 1°, von ½ Gr. Wärme,) unter jene nicht statt findet. Im Meere dagegen kann, weil Salzwasser keine solche größte Dichtigkeit, von welcher an es sich sowohl im Abkühlen als im Erwärmen ausdehnte, erreicht, die Temperatur bis zur Gefrierkälte herabgehen, und Perons Beobachtung, daß die Temperatur wirklich so sehr niedrig am Boden der Meere ist, ließe sich hiernach einsehen, wenn nicht doch noch zwei Umstände dabei im Wege ständen. Der erste ist, daß Peron diese sehr niedrige Temperatur auch in den Tropengegenden, wo die Luft nie so kalt wird, beobachtet hat, der andre, daß wir der Erde, also doch auch

*) Nach von Buch und andern. Gilb. Ann. XIX. 141. XX. 312.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

dem Boden des Meeres, eine so niedrige Temperatur nicht beizulegen geneigt sind.

In Beziehung auf den ersten Einwurf, daß die Kälte der Luft dort, wo es keine kalte Jahreszeit giebt, nicht die Kälte am Boden des Meeres bewirken könne, bemerkt Peron wohl mit Recht, daß ein Strom kalten Wassers von den Polen gegen den Aequator am Boden des Meeres fast nothwendig eben so gut wie ein Strom warmen Wassers in der entgegen gesetzten Richtung an der Oberfläche statt finden müsse, und findet in seinen Beobachtungen einen Beweis hiefür *). Der zweite Umstand ist aber allerdings noch nicht ganz aufgehellt, indem, wie von Buch mit Recht bemerkt, eine so große Kälte der Erde selbst in dieser Tiefe nicht glaublich ist, dann aber doch auch nicht klar wird, warum die unaufhörlich vom Boden her sich mittheilende Wärme nicht wirksam genug ist, um auch dem Wasser eine etwas höhere Temperatur zu ertheilen.

Jene Mittheilung der Kälte der Luft an die untern Schichten des Meereswassers ist von der größten Wichtigkeit für die Milderung des Clima's der Gegenden am Meere. Im Sommer ist es minder heiß an den Ufern des Meeres, weil die erwärmte Luft etwas Wärme an das Wasser mittheilt, und diese Mittheilung bleibt nicht ganz und gar oberflächlich, weil die Wellenbewegung eine gleichmäßige Erwärmung bis zu den Tiefen, wohin die Wellen noch reichen, zur Folge hat. Dadurch aber wird das Meer in seinen obern Schichten zu einem Wärmebehälter, der im Winter an die kältere Luft Wärme abgiebt, und das Clima der See-Ufer minder kalt macht. Diese Milderung des Clima's wird noch befördert durch die an der Oberfläche des Meeres, besonders in gewissen Gegenden sehr bedeutenden, warmen Strömungen vom Aequator her, und die Gegenden in der Nähe der Pole erhalten daher eine mildere Temperatur, als sie sonst besitzen würden **).

Man hat bemerkt, daß über Untiefen, wenn der Boden des Meeres nicht allzu nahe unter der Oberfläche ist, das Meeres-

*) Gilb. Ann. XIX. 443; LXIII. 126; XX. 341.

**) Ueber die Entstehung dieser Ströme s. I. Theil S. 139.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

wasser kälter ist, als bei großer Tiefe. J. Davy erklärt dies daraus, daß die kältern Wassertheilchen in eine gleichsam unermeßliche Tiefe hinab sinken, da wo die Tiefe des Meeres dies erlaubt, dagegen doch nur bis an den Boden hinabsinken können, wenn dieser nicht so entfernt ist, im letztern Falle also durch ihre Nähe das Wasser auch in geringer Tiefe unter der Oberfläche abkühlen. Bei sehr flachem Wasser erwärmen die Sonnenstrahlen den Boden selbst, und da findet jene Kälte über Untiefen also endlich nicht mehr statt *).

Wasserlöcher auf den Alpen.

Als einen merkwürdigen Beweis dafür, daß das Wasser bei seiner größten Dichtigkeit noch fähig sei, Eis zu schmelzen, führt Rumford folgende Erfahrung an. Die Alpenreisenden finden manchmal auf dem Gletscher-Eise tiefe Wasserlöcher, die bei geringem Durchmesser eine Tiefe von 4 Fuß erlangen und bis oben mit Wasser gefüllt sind. Sie entstehen während des Sommers und vertiefen sich, so lange es oben hinreichend warm ist; dieses allmählige Vertiefen aber wird offenbar dadurch bewirkt, daß die größte Dichtigkeit des Wassers einer Wärme entspricht, die erheblich höher als die Kälte des aufthauenden Eises ist. Es erhellt nämlich leicht, daß unmittelbar am Boden des Wasserloches, wo es sich in einer Eismasse endigt, die Gefrierkälte statt findet; die hier sich eben auflösenden Wassertheilchen sind aber leichter, als die um etwa 1 bis 4 Grad mehr erwärmten, die sich in der Mitte der Wassermasse befinden, und jene steigen daher hinauf, um diesen Platz zu machen; so gelangen Wassertheilchen an den Eisboden, die warm genug sind, um wieder einige Eistheilchen in Wasser zu verwandeln, und da sie bei ihrem Abkühlen wieder aufsteigen und durch neue ersetzt werden, so dauert dieses langsam fortschreitende Aufthauen so lange fort, als die Sonnenstrahlen das obere Wasser noch immer ein wenig über den Gefrierpunct erwärmen.

Luftströmungen.

Ueber die Abhängigkeit der Luftströmungen und der Winde von der ungleichen Erwärmung der Luft habe ich schon bei einer

*) Gilb. Ann. LXVI. 140.

andern Gelegenheit so viel gesagt *), daß ich kaum noch darauf zurückzukommen brauche. Die Frage, warum sich denn die obere Luft in der Atmosphäre nicht erwärmt, da doch die erwärmte Luft ganz gewiß immer aufwärts steigt, kann ich hier noch nicht vollständig beantworten, sondern muß mich begnügen anzudeuten, daß die aufsteigende Luft sich in einen größern Raum ausdehnt und dadurch abgekühlt wird. Bei dem gewöhnlichen Zustande der Luft findet deshalb auch kein merkliches Heruntersinken der kalten Luft statt, weil diese in der Höhe denjenigen Grad der Verdünnung angenommen hat, wodurch sie leichter als die untere wärmere Luft ist, und nur über sehr merklich erwärmten Flächen finden deutlich aufwärts gehende warme Luftströme und zum Ersatze herabwärts gehende kalte Luftströme statt. Dagegen in den Fällen, wo plötzlich heftige Abkühlung in den obern Gegenden der Luft eintritt, da bemerkt man wohl das Herunterstürzen der kalten Luftschichten, und die kalten, oft durchdringend kalten Gewitterwinde scheinen theils dadurch, theils durch die in dem Regengusse mit herabgerissene Luft zu entstehen, die sich von dem Orte der Wolke aus, nachdem sie auf der Erde eine horizontale Richtung angenommen hat, nach allen Seiten hin ausbreitet **).

Als eine hieher gehörende Bemerkung will ich doch noch die anführen, daß Scoresby erzählt, ein lebhafter Sturm, der vom offenen Meere her gegen eine Meilen weit mit Eis bedeckte Meeresfläche fortgeht, werde von Schiffen, die sich mitten in diesem Eise befinden, oft gar nicht bemerkt. Dies erklärt sich aus dem durch den Unterschied der Wärme in jedem Falle veranlaßten Andrange der untern kalten Luft vom Eise her, die sich dem aus der entgegengesetzten Richtung kommenden Sturme widersetzt, und aus der bei der Abkühlung der eindringenden Luft statt findenden Verminderung des Volumens, welche noch erheblicher ist, wenn sich Schnee aus der feuchten, wärmern Luft niederschlägt.

Von den Luftströmungen durch ungleiche Erwärmung macht man eine Anwendung, wo man frische Luft in eingeschlossene Räume bringen will. Läßt sich nämlich da ein Zutritt kalter und

*) I. Theil. S. 139.

**) Kämtz Meteorologie I. 212.

reiner Luft in dem untern Theile des Zimmers erhalten und ohne andre Nachtheile anwenden, während die erwärmte Luft des Zimmers oben ausfließt, so läßt sich der Zweck der Luftreinigung dadurch erreichen, nur hat es oft einige Schwierigkeit, der durch die Kälte der einströmenden Luft verursachten Unbequemlichkeit auszuweichen. Doch es ist Zeit, zu andern Erscheinungen der Wärme überzugehen.

Dritte Vorlesung.

Die Erscheinungen der Wärme, die ich jetzt zunächst Ihrer Aufmerksamkeit, m. h. H., empfelen will, sind die, welche die Verbreitung der Wärme betreffen. Es bieten sich uns hier zwei wesentlich verschiedene Arten, wie die Wärme sich verbreitet, dar, nämlich durch Ausstrahlen und durch Leitung; denn eine dritte Art der Mittheilung, welche wir bei den Phänomenen der Wärme wahrnehmen, wo sie nämlich durch Strömung in den flüssigen Körpern sich verbreitet, kann nicht als eigenthümliche Mittheilungs-Art angesehen werden.

Strahlende Wärme. Zurückwerfung und Brechung derselben.

Nicht bloß die Sonnenwärme, sondern auch die von irdischen leuchtenden Körpern ausgehende Wärme zeigt sich so an das Licht gebunden oder mit demselben zusammengehend, daß wir die Strahlen der Wärme ebenso wie die des Lichtes verfolgen können. Die Brennspiegel sammeln die Sonnenstrahlen in eben dem Puncte als erwärmende Strahlen, wo sie ein Bild vermöge der gesammelten Lichtstrahlen hervorbringen, und wir sehen daher, daß auch die Wärmestrahlen eben das Gesetz der Reflexion, unter einem Winkel, dem Einfallswinkel gleich, zurückgeworfen zu werden, befolgen. Die großen Wirkungen der Brennspiegel sind bekannt, und obgleich es bei großen Spiegeln von mehreren Fußen Durchmesser, nur wenn sie sehr vollkommen gearbeitet sind, statt findet, daß sie die

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf