

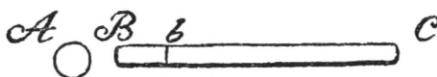
UEBER DIE ART,
WIE SICH DIE ELECTRICITÄT FORTPFLANZT
VON DR. OERSTED

(EIN FRAGMENT)

(NEUES ALLGEMEINES JOURNAL DER CHEMIE. HERAUSGEGEBEN VON A. F. GEHLEN. BD. 6. P. 292—302.
BERLIN 1806)¹

Es hat, so weit mir bekannt ist, noch Niemand versucht, in den innern Mechanismus der Fortpflanzung der Electricität einzudringen. Es mögte vielleicht auch sehr schwer seyn, das ganze Geheimnisz dieses Processes zu enthüllen: so viel ist aber gewisz, dasz sich, aus der Natur der Sache und aus mehreren bekannten Thatsachen, einige interessante Folgerungen hierüber ziehen lassen.

Die erste Wirkung eines electrisirten Körpers auf einen nicht-electrisirten ist, wie bekannt, eine electriche Polarität darin hervorzurufen. Wenn wir den electrisirten Körper mit A bezeichnen wollen, BC aber einen leitenden Cylinder bezeichnet, so erhält B die entgegengesetzte Electricität von A,



C hingegen erhält dieselbe, welche A hat. Ein jeder weisz, dasz solches eine Vertheilung der Electricität genannt wird. Es ist eben so bekannt, dasz, wenn das Ende C seine Electricität verliert, die von B allein zurück bleibt, wenn man aber B mit A in Berührung setzt, so hebt sich der Gegensatz beider auf, und die gleiche Electricität von A und C bleibt übrig, welches man dann eine Mittheilung der Electricität zu nennen pflegt. Offenbar ist die Vertheilung der erste Act der Verbreitung der Electricität, die Mittheilung aber der zweite. Wir können daher auch jene Electrification des ersten Grades, diese Electrification des zweiten Grades nennen. Jene ist eine Polarisirung, diese eine Identificirung. Diese Bezeichnungen werden nun dazu dienen, der irrigen Vorstellung einer Mittheilung auch in dem Ausdrucke zu entgehen.

Die Electricität des Körpers A, kann sich unmöglich von B bis C verbreiten, ohne eine Zeit dazu anzuwenden. Um uns hierüber zu verständigen, wollen wir, nach Art der Mathematiker, uns die

¹[In verkürzter Form auch auf dänisch in »Nyt Bibliothek for Physik, Medicin og Oeconomi«, Bd. 9. Hefte 3. P. 268—275. Kjøbenhavn 1806].

Zeit und den Raum in unendlich kleine Theile getheilt denken. Wir wollen uns ein solches Raumtheilchen durch Bb vorgestellt denken, worin, in dem ersten Zeittheilchen, eine unendlich kleine electricische Polarität erregt wird: A sey, z. B., positiv, so wird Bb an B negativ und an b positiv werden. In dem zweiten Momente wird aber A die negative Zone zu erweitern suchen, wodurch die positive ebenfalls erweitert wird, während das Positive in b, noch weiter gegen C hin, ein Negatives hervorzubringen strebt. Und so geht der ganze Procesz immer weiter fort, bis das Negative sich über die vordere Hälfte, das Positive aber über die hintere Hälfte erstreckt, und die Mitte indifferent bleibt. Ein jeder wird nun leicht diesen Procesz, den wir, der Darstellung wegen, als discret vorgestellt haben, als ein Continuum auffassen, und so das innere Leben, in jeder Verbreitung der Electricität, sich anschaulich machen.

Dasz der innere Mechanismus der Fortpflanzung der Electricität so beschaffen seyn müsse, wie wir es hier vorgestellt haben, liegt ganz in der Natur der Sache, so bald es nur ein Mahl angenommen ist, dasz jede Electricität ihren Gegensatz hervorruft; es dient aber dem Physiker zur grösseren Beruhigung, wenn er seine Speculationen, von der Natur selbst, auf jedem Punkte bestätigt sieht. Wir wollen diese Bestätigungen aufsuchen.

In den guten Leitern verbreitet sich die Electricität über eine Meile, in weniger als eine Secunde Zeit. Bei diesem schnellen Laufe ist es unmöglich, die wechselnden Wogen des Positiven und Negativen durch das Electrometer zu verfolgen. In den schlechten Leitern geht es besser an. Man halte nur einen Stab aus Glas, oder Harz oder Siegellack, einem electricisirten Körper gegenüber, und untersuche ihn nachher durch das Electrometer: man findet abwechselnde Zonen der entgegengesetzten Electricitäten. Der Versuch ist jedem Physiker bekannt. Es braucht wohl kaum erinnert zu werden, dasz wir nicht meinen, in diesem Versuche jene unendlich kleine Abwechselungen des Positiven und Negativen, wovon wir oben sprachen, dargestellt zu haben, vielmehr haben wir uns so über dieselben erklärt, dasz wir keine Hoffnung haben können, sie je in der Erfahrung zu finden; es sind aber die hier aufgezeigten Abwechselungen Wiederholungen desselben Schema im Groszen. Es wäre sogar möglich, die Grösze und Beschaffen-

heit dieser Zonen mathematisch zu berechnen, wenn es nöthig seyn sollte.

Dasz wir diese Verbreitungsart der Electricität in allen schlechten Leitern auf eben die Weise verfolgen, und dasz wir sie z. B. in der Luft aufweisen können, ist bekannt genug. Wir sind also schon mehr berechtigt, die Fortpflanzung der Electricität als undulatorisch zu betrachten. Es stehen uns aber noch andere Experimentalbeweise zu Gebote. Wir können zwar nicht durch das Electrometer die schnelle Verbreitung der Electricität in den guten Leitern verfolgen; oft aber hinterläßt sie Spuren, und hier entdecken wir allezeit die Bestätigung dessen, was wir vorher gefunden. Man versuche nur einen langen Eisendraht mit einer schwachen Ladung der electricischen Batterie zu schmelzen. Man wird bald erfahren, dasz nur einige Theile schmelzen, andere unversehrt bleiben, und dasz geschmolzene und ungeschmolzene Theile mit einander abwechseln. Wendet man eine stärkere Ladung an, so schmilzt zwar der Draht seiner ganzen Länge nach, aber in Perlen: mit abwechselnden expandirten und contrahirten Zonen. Man kann auch noch einen Mittelgrad der Ladung finden, da das Metall glühet, ohne zu schmelzen. Auf einem solchen Drahte findet man sehr deutliche Abwechselungen von ausgedehnten und zusammengezogenen Zonen. Alle diese Versuche sind schon den meisten Physikern bekannt, und sind die stärksten Beweise für die undulatorische Verbreitung der Electricität.

Treibt man aber die Ladung der Batterie bis auf den Punkt, dasz sich der Metalldraht in Dampf verwandelt, und stellt man den Versuch so an, dasz der entstehende Metaldampf zum Theil sich auf ein Stück reines Papier niederschlagen kann, so erhält man ein fast ganz vollständiges Bild der Fortpflanzung der Electricität, welches — eine Dampfwolke mit regelmäszig abwechselnden Expansionen und Contractionen — für sich selbst spricht. Sogar die Dichtigkeit des Dampfes, wie auch oft die Farbe desselben, wechselt so regelmäszig ab, dasz wir eigentlich darin eine colorirte Abbildung der oscillatorischen Verbreitung der Electricität haben. Dasz dieses alles nicht Zufall ist, sieht man aus der Beständigkeit des Phänomens. Man stelle nur den Versuch an, so oft, und mit welchen Metallen, man will; man wird nie eine Ausnahme finden. Oder will man sich die Mühe ersparen, so werfe man nur einen Blick auf die zahlreichen und sehr getreuen Abbildungen, worin *van Marum* diese

Versuche dargestellt hat. Die Regelmäßigkeit der Bilder lässt sich noch auf eine andere Weise sehen. Wenn die Electricität bloß ausdehnend auf den Draht wirkte, so müssten alle Dampfvolken parallel mit einander seyn und gerade, weil aber jeder Conductor auf das ihm nächste Ende des Drahtes repellirend wirkt, so müssen die Dampfwellen, an beiden Enden, von zwei sich senkrecht schneidenden Kräften getrieben, der Diagonale derselben folgen, oder richtiger, weil die Kräfte continuirlich und ungleich wirken, eine krumme Linie bilden, deren Concavität dem Drahte zugekehrt ist. Je länger eine Dampfwellen von einem der Conductoren entfernt ist, je weniger wird die mit dem Drahte parallel gehende repellirende Kraft darauf wirken können, und ihre Lage wird sich daher mehr und mehr der auf dem Drahte senkrechten Richtung nähern. In dem mittleren Theile des Drahtes aber musz ein vollkommenes Gleichgewicht der abstosenden und anziehenden Kräfte der Conductoren seyn, und daher wird die Lage der Dampfvolke daselbst vollkommen auf dem Drahte senkrecht seyn.

Dieses alles wird nicht so deutlich gesehen, wenn die Kraft, die zur Verdampfung der Metalle angewandt wurde, unverhältnismäßig groß war: alsdenn nämlich beugt sich das Bild in einem Zickzak, wo aber doch in jeder Abtheilung deutliche Spuren der oben beschriebenen Ordnung sich zeigen.

Wollen wir noch ein Zeugnis? Wir brauchen bloß den electrischen Funken zu betrachten. Stehen die Conductoren, zwischen welchen der Funken spielt, einander nahe genug, so bemerkt man nichts weiter, als dasz er an seinen beiden Enden ungleich gefärbt, an dem einen roth, an dem andern bläulich, hingegen die Mitte weiß ist; stellt man aber die Conductoren weiter auseinander, so sieht man dieselben Farben sich öfter wiederholen, als eben so viele Abwechselungen worin bald das Positive, bald das Negative die Oberhand hat.

Alles was hier von der Verbreitung der Electricität gesagt worden, gilt auch von der des Magnetismus. Die Wirkung des Magnetes fängt auch mit einer Polarisirung an, und musz daher, aus denselben Gründen, wie die Electricität, sich undulatorisch verbreiten. Auch musz daselbst eine polarische Zone, unter gewissen Bedingungen, ihr Maximum der Ausdehnung erreichen, und dann eine zweite hervorbringen. Die Erfahrung bestätigt dieses ebenfalls, denn wenn man einen langen dünnen Stahldrath magnetisirt,

so erhält er abwechselnde Nord- und Südpole, seiner ganzen Länge nach. Wir brauchen überhaupt nur uns die Operation des Magnetisirens recht deutlich zu denken, um die Verbreitungsart des Magnetismus einzusehen: denn was ist es, wenn wir den Pol eines Magneten über ein Stück Eisen hinführen, anders, als die beide Pole vor sich hertreiben, so dasz der Theil, der eben + M hatte, jetzt — M bekommt, wie eine Welle auf dem Meere ein Thal vor sich vernichtet, indem sie hinter sich eins eröffnet.

Dieser Mechanismus der Fortpflanzung der Wirkungen durch Undulation, ist gewisz allgemein in der ganzen Natur, nur ist es überhaupt schwer, ihn aufzuweisen. In der innern Fortpflanzung der Bewegung durch die Körper läszt er sich doch aufweisen. Man hat schon lange eingesehen, dasz auf die Zusammenpressung eines Lufttheilchens eine Ausdehnung folgen müsse, wodurch die benachbarten Theile zusammen gedrückt werden, welche, sich wieder erweiternd, andere zusammen drücken müssen, und so ferner. Auf diese Weise, ward angenommen, pflanze sich der Schall in der Luft fort. Doch scheint man nicht denselben Mechanismus auch in der Fortpflanzung des Schalles durch feste Körper angenommen zu haben. Wenigstens eifern fast alle Physiker, seit den Entdeckungen des berühmten *Chladni*, gegen die Annahme einer Zitterung der kleinsten Theile bei der Hervorbringung des Tons. Doch ist nichts leichter, als die Nothwendigkeit dieser Zitterungen aus der Natur der Sache einzusehen, und das Dasein derselben durch Versuche zu beweisen. Ueber das Theoretische können wir hier sehr kurz seyn; denn, derselbe Grund der für die undulatorische Verbreitung des Schalles durch die Luft gilt, gilt auch für alle Körper, weil auch in ihnen die Bewegung sich nicht ohne Zeit forpflanzen kann, und also nicht alle Theile zugleich auf dieselbe Weise afficirt werden können. Will man sich durch Erfahrung hievon überzeugen, so bepudere man nur einen auf beyden Endpunkten ruhenden dicken Eisendrath, mit Hexenmehl (*Lycopodium*) und schlage schnell, aber nicht gewaltsam, darauf; man wird das Pulver sich in kleine Hügel vertheilen sehen, welche längs dem Drathe eine Linie bilden werden. Die, welche sich den erschütterten Punkten am nächsten gebildet haben, sind am gröszten, die andern sind kleiner, im Verhältnisz ihrer Entfernung. Man kann diesen Versuch, im Wesentlichen, noch einfacher machen. Eine viereckige Glas- oder Metallscheibe, mit genau geradlinigen Rändern kann hierzu dienen. Die Oberfläche

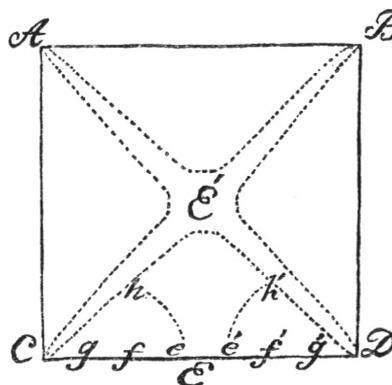
derselben wird mit Hexenmehl bepudert, worauf man sie so fasset, dasz man zwei der entgegengesetzten Ränder mit den Fingern berührt, während man die beiden andern frei lästzt. Nun klopft man mit der Kante eines Stücks Holz oder dergl. auf die Mitte eines der unberührten Ränder, und bald wird sich das Pulver in Linien vertheilen, welche mit der Richtung des Schlages parallel sind. In diesen Linien kann man abermals verschiedene Erhöhungen und Vertiefungen unterscheiden. Schlägt man aber mit einem abgehobelten Brette, oder einem andern flachen Körper, auf ein Mahl, gegen einen ganzen Rand, so wird sich das Pulver in Linien ordnen, welche mit dem geschlagenen Rande parallel sind. Diese Linien aber sind mehr oder weniger wellenförmig, je nachdem der Rand mehr oder weniger genau auf allen Punkten getroffen wird. Klopft man aber auf eine der Flächen selbst, so entstehen eine Menge kleiner Hügel. Diese sind ohne Zweifel Resultate einer zusammengesetzten oscillatorischen Bewegung, nämlich einer progressiven, und einer auf- und abwärts gehenden.

Hält man aber die Scheibe so, dasz man nicht die Ränder berührt, sondern nur einen sehr kleinen Raum auf jeder Fläche mit den Fingern bedeckt, und dann darauf klopft, so entstehen nicht allein solche Hügel, sondern auch ein Klang.¹ Die Hügelchen aber bewegen sich alle so, dasz sie am Ende zusammenkommen, und eine *Chladni'sche* Figur, wengleich etwas unvollkommen, bilden.

Nun verfare man aber ganz, wie, wenn man eine *Chladni'sche* Figur hervorbringen wollte, nur dasz die Scheibe mit Hexenmehl, nicht mit Sand bestreut sey, und man wird die Figur ganz langsam vor seinen Augen entstehen sehen. Beim ersten Striche mit dem Bogen bilden sich gleich die Hügelchen und diese, als eben so viele kleinere Schwingungsknoten, bewegen sich hin zu dem Orte, wo sich die gröszeren bilden. Man stelle sich z. B. vor, dasz die vier-eckige Scheibe *ABCD* in *E* gestrichen würde, so werden sich gleich Hügelchen in *e*, und *e'* erheben, wie auch in *f*, *f'*, *g*, *g'* u. s. w. Diese Hügelchen werden sich aber schneller in *e* und *e'* als in *f* und *f'*, schneller in *f* und *f'* als in *g* und *g'* bewegen. Der Staub in dem Punkte *E*, und alles, was in der Linie *EE'* liegt, wird gerade aus, gegen *E'* getrieben. Was aber in *e* und *e'* liegt, wird schon durch zwei Kräfte, in der Richtung *EC* oder *ED* und *EE'* bewegt, und beschreibt daher die krummen Linien *eh* und *e'h'*, so wie alle übrige

¹ Bei den andern Versuchen entsteht nur ein dumpfer Schall.

Punkte ähnliche Linien beschreiben. Auf diese Art wird die krumme Linie $CE'D$ beschrieben, und weil jedes andere Viertheil der Scheibe $AE'C$, $AE'B$, $AE'D$ mitzittert, so entstehen eben so viele dergleichen krumme Linien, welche zusammen ein Kreuz, oder einen Stern zu bilden scheinen. Es ist aber zu bemerken, dasz nicht die ruhenden Linien durch die angehäuften Staubmasse bezeichnet, sondern von ihnen eingeschlossen werden. Dieses kann aber nicht auf die gewöhnliche Weise, durch aufgestreuten Sand, gezeigt werden, denn der Sand ist elastisch, und dessen Partikelchen zu groß, so dasz jedes Theilchen herumhüpfen musz, bis es einen bereiten ruhigen Platz gefunden hat. Wenn man ein Paar Sandkörner auf eine Glasplatte streuet, und diese mit dem Bogen anstreicht, so wird man dieses gleich bestätigt sehen. Die Staublinien und die ruhenden Linien (Knotenlinien) dürfen daher nicht mit einander verwechselt werden.



Von den Knotenlinien fällt der Staub, nach dem Versuch, sehr leicht, bei einer kleinen Erschütterung, ab; von den Staublinien ist er sehr schwer abzubringen. Es scheint daher eine Art von Electricität, durch das Biegen und Zurückbiegen, hervorgebracht zu werden, welche in den Knotenlinien ohne Zweifel negativ ist, in den Staublinien aber positiv, weil das negative Hexenmehl daselbst angezogen wird. Was *Ritter* über diese Materie in *Voigt's Magazin* gesagt hat, wird wahrscheinlich allen Physikern gekannt seyn.

CORRESPONDENZ

(NEUES ALLGEMEINES JOURNAL DER CHEMIE. HERAUSGEGEBEN v. A. F. GEHLEN. BD. 6. P. 500—502, BERLIN 1806)¹

Copenhagen d. 4. März 1806.

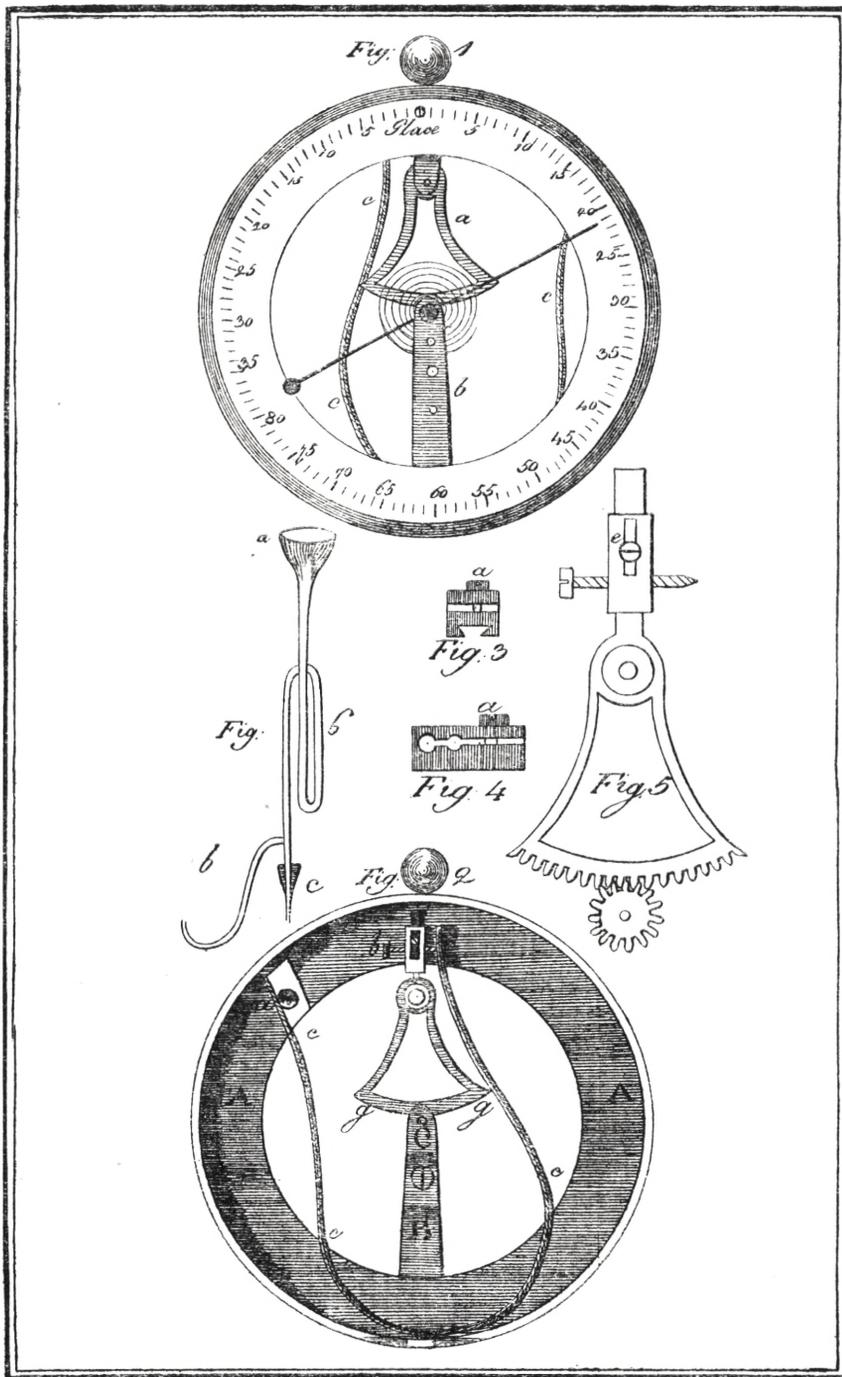
Volta's Behauptung, dasz die Ladungssäule bloz von den, während der Ladung hervorgebrachten Alkali- und Säureschichten herrühren sollte, lässt sich nicht mit den Versuchen vereinigen, selbst wenn es wahr wäre, dasz zwei geladene Metalldräthe durch

¹ [Man findet diese Abhandlung auch in »Journal de physique, de chimie et d'histoire naturelle.« Tome 62. P. 369—75. Paris 1806.]

Abwaschen im Wasser ihre Kraft verlören, welches ich aber zu bezweifeln wage. Wäre es aber auch wahr, sage ich, so muszte dieses von irgend einer andern Eigenschaft der electricischen Ladung herrühren, denn, wenn man mehrere, durch Metalldräthe verbundene Wasserröhren mit einer galvanischen Säule in Verbindung setzt, sie aber nach einigen Minuten wieder davon trennet, so wirken die äussersten Drähte eines solchen Röhrenapparats galvanisch, auch nachdem man das Wasser darin mehrmals geschüttelt hat. Die Drähte können bei diesem Versuche aus Platin seyn, wo keine Oxydation des Metalls statt findet. Ich habe sehr oft zwey Platin-drähte zwischen alkalischen Schichten, die mit der Säule in Verbindung standen, geladen, darauf sie sorgfältig abgetrocknet, und sie doch sehr wirksam gefunden. Mit solchen geladenen Drähten wurden oft sehr viele Versuche nach einander, auf Frösche und auf der Zunge gemacht, und die Drähte oft abgewischt, ohne dasz sie ihre Kraft verloren. Ohnedies muszte in diesen Versuchen an beiden Drähten so viel Alkali seyn, dasz die Wirkung der hervor-gebrachten Säure durchaus unbedeutend seyn muszte. Ich habe in diesem Augenblicke keine Frösche, daher kann ich den *Volta*-ischen Versuch nicht wiederholen, sobald es aber möglich ist, soll es geschehen.

Die Beschreibung und Zeichnung des Thermometers, welches *H. Jürgensen* hieselbst erfunden hat, habe ich Ihnen erst jetzt mittheilen können. Es ist natürlich, dasz das Prinzip darin nicht neu seyn kann, die Form aber, und besonders der innere Mechanismus scheint mir sehr vorzüglich. Von auszen hat es ganz die Form einer Uhr und ist daher sehr tragbar. Diese Form hat es aber doch mit mehreren in der Schweiz verfertigten gemein. Die Art aber es zu reguliren, die Form der Feder, und mehr dergleichen hat es ganz für sich. Die ganz besonders sorgfältige Ausführung, wie es aus seinen Händen kommt, ist noch eine Empfehlung mehr.

Das wesentlichste Stück dieses Thermometers ist eine gekrümmte Feder (Fig. 2. *acc*), welche aus Messing und Stahl so zusammengelöthet ist, dasz jenes die innere dieses die äuszere Krümmung ausmacht. AA ist der Ring woran das Ganze befestigt ist. *b* ist eine Schraube, auf deren Spitze, wie in der Figur zu sehen, das eine Ende der Feder wirken kann. Durch die Wärme wird sich die innere Krümmung mehr ausdehnen als die äuszere, wodurch die Krümmung der ganzen Feder offenbar geringer wird, so dasz



sie weniger auf jene Spitze der Schraube wirkt. Die Kälte bewirkt eben das Gegentheil. Aus der Figur wird man nun leicht verstehen, wie der gezähnte Cirkelbogen *gg*, welcher Fig. 5 im Groszen abgebildet ist, durch die veränderte Krümmung der Feder, seine Lage verändern musz, und dadurch das gezähnte Rad C (Fig. 2), welches aber nur in Figur 5 zu sehen ist, umdrehet. Auf diesem Rade ist nun der Zeiger befestigt, wie in der ersten Fig. dargestellt ist. Die Eintheilung der Grade ist leicht zu verstehen. Wie die Schraube *b* hin und her geschoben wird, so vermehrt oder vermindert sich auch der Druck der Feder, und dieses dient zur Regulirung des Instruments. Durch die Schraube *e* (Fig. 5), ist es aber möglich den Wagebalken, worauf die Feder wirkt zu verlängern oder zu verkürzen, indem der Schieber worin die Schraube befestigt ist, hin und her geschoben wird. Hierdurch wird das Thermometer willkürlich mehr oder weniger sensibel gemacht. Fig. 3 zeigt den Schieber von Vorne, Fig. 4 aber von der Seite.

Die Spiralfeder, welche Fig. 1 um den Zeiger zu sehen ist, stehet mit dem Getriebe, welches den Zeiger umdrehet, in Verbindung, und ist ganz so lebhaft, wie ähnliche Spiralfedern in den Uhren. Sie dient dazu die Schraube *b* (Fig. 2) beständig gegen die grosze Feder anzudrücken.

Es ist offenbar genug, dasz dieses Thermometer als Reisethermometer weit den gewöhnlichen, so leicht zerbrechlichen, vorzuziehen ist. Auch ist es sehr angenehm und nützlich, dasz die Grade so scharf abgeschnitten werden, dasz man nie über einen Zehnthheil mehr oder weniger in Zweifel seyn kann. Es ist daher auch gewisz als meteoroskopisches Instrument sehr zu empfehlen. Es wäre auch leicht so einzurichten, dasz es seinen Gang selbst beschriebe; es ist zwar nicht sehr sensibel: dieses kommt aber von der blanken Fläche her. Der Künstler wird sie daher künftig schwarz anlaufen lassen. Um in den Ländern, wo das Quecksilber oft gefriert, woher wir nicht viele thermometrische Versuche haben, Observationen anzustellen, wäre dieses Instrument auch vorzüglich geschickt. Ein längerer Gebrauch wird uns näher mit den Vortheilen und Mängeln desselben bekannt machen.

Oersted.
