

Pyrometrie
oder
vom Maaße des Feuers und der Wärme.

Erster Theil.
Vom Feuer und Wärme überhaupt.

Hydrographie

oder

von der Natur des Wassers und der Schifffahrt.

Erster Theil

von der Natur des Wassers und der Schifffahrt.

Erstes Hauptstück.

Vorläufige Grundbegriffe.

§. 1.

Das innere Wesen der Körper bleibt uns, aller physischen und chymischen Untersuchungen ungeachtet, noch sehr verborgen. Zwar konnten die Vergrößerungsgläser Hoffnung geben, die kleinsten Theile näher kennen zu lernen. Die dadurch gemachte Entdeckung, daß es kleine Kügelchen sind, die dem Blute seine rothe Farbe geben, schien diese Hoffnung zu vermehren. Allein man fand doch weiter nichts, als daß die Natur im kleinen noch eben so zusammengesetzt ist als im großen. Wo man Bestandtheilchen zu finden hoffte, erblickte man kleine Thierchen, und war genöthigt den Schluß zu machen, daß man von dem, was man suchte, noch unendlich weit entfernt sey. Die Figur der Bestandtheile, die Art ihrer Zusammensetzung, die Kräfte, wodurch sie in Verbindung erhalten werden, die daher rührenden Unterschiede ihrer äußern Gestalt, ihrer Härte, Zähigkeit, Flüssigkeit &c. Alles dieses sind Dinge, die man anstatt zu sehen, errathen muß. Die Kunst sicher und richtig zu errathen, ist aber noch nicht so weit gebracht, daß sie sich nicht oft mit dem vermenget, was man im Finstern tappen heißt.

§. 2.

Diese Betrachtungen machen billig da den Anfang, wo von Feuer und Wärme die Rede ist. Ist das Feuer eine besondere Materie? Ist es vom Lichte verschieden? Dieses sind längst schon aufgeworfene Fragen, die man bald bejaht, bald auch verneint hat. In dieser Absicht ist uns das Feuer so unbekannt, als die Bestandtheilchen jeder anderer Körper. Es kömmt aber noch der Umstand hinzu, daß das Feuer seine Wirkungen mehrentheils in den Körpern äußert. Und diese Wirkungen sind so sehr verschieden, als es immer die Zusammensetzungsart der Körper seyn mag, und eben so sehr ändern sie sich, wenn die Grade des Feuers verändert werden. Es ist unstreitig, daß um hierinn klar zu sehen, das innere Wesen der Körper, ihre Bestandtheile und Zusammensetzungsart näher bekannt seyn müßten. Da wir aber hievon noch weit entfernt sind, so müssen wir ebenfalls zum Errathen unsere Zuflucht nehmen. Und das ist eine etwas mißliche

Sache. Denn ich verstehe eigentlich dadurch nicht das Annehmen willkürlicher Meinungen, wodurch sich etwa die eine oder die andere Wirkung erklären läßt, und wobey hingegen eine Menge anderer unerklärt bleiben, oder welches noch schlimmer ist, der angenommenen Meinung gerade zuwider sind.

§. 3.

Um jedoch einen Anfang zu machen, werde ich den Sprachgebrauch oder die Benennungen vornehmen. Das Wort Wärme hat verschiedene Bedeutungen, die näher angezeigt werden müssen. Einmal die Wärme so fern sie empfunden wird. In dieser Absicht geht sie uns sehr nahe an. Und da hier eigentlich vom Maaße der Wärme die Rede ist, so können wir so gleich die Benennungen anführen, womit die Empfindung der verschiedenen Stufen der Wärme die Sprache bereichert hat. Die Wärme, wobey wir uns am besten befinden, nennen wir gemäßigt oder temperirt. Unsere Empfindung ist dabey so viel als 0. Ist die Wärme um so viel größer, so daß wir in der That Wärme als Wärme empfinden, so sagen wir, es sey warm. Nimmt die Wärme mehr zu, so heißt es, sehr warm. Ein noch empfindlicher Grad wird heiß oder auch schwül genannt. Diese Benennungen gehen das Wetter oder die Luft an. Bey dem Wasser gebrauchen wir die Benennungen, lau, warm, heiß, siedend. Und wenn es über einen gewissen Grad heiß ist, so fällt dessen Hitze außer das Bezirk unserer Empfindung der Wärme. Es kommt noch die Empfindung eines Schmerzens hinzu, und eben dieser machet, daß sich niemand gern die Hand verbrühen läßt. Aehnliche Benennungen gebrauchen wir auch in Ansehung anderer Körper. So lange wir sie ohne Schmerzen berühren können, nennen wir sie warm, sehr warm, heiß.

§. 4.

Unserer Empfindung nach setzen wir der Wärme die Kälte entgegen, und zwar so, daß wir letztere als etwas eben so wirkliches und thätiges ansehen, als die erstere. In der That auch, wenn man bey großer Wärme schwitzt, so schaudert man hingegen bey strenger Kälte, und bey noch strengerer Kälte erstarret man, so wie man bey noch größerer Hitze gesenget und gebremmet wird. Alles dieses ist sehr wirklich. Es bezieht sich aber nur auf das was wir empfinden. Daraus aber läßt sich auf die Kälte an sich betrachtet kein Schluß ziehen. Denn nach unserer Empfindung zu schließen, müßten wir auch sagen, daß die Kälte brenne. Die Lateiner sagten es wirklich: Urunt montanae nives. Und dieses ist nicht ein verblümter Ausdruck. Man darf nur die Hände in Schnee halten bis sie anfangen recht roth zu werden, und dann in ein gewärmtes Zimmer gehen, wenn man das Brennen noch stärker empfinden will. Man sehe aber zu, daß die Haut nicht aufschrunde. Gewisse Ordensleute, die baarsfuß im Schnee

gehen, stellen ihre Füße in kalt Wasser, wenn sie in ein Zimmer kommen, um eben dieses Ausschründen zu verhüten.

§. 5.

Aus diesen Bemerkungen folgt, daß was wir warm nennen, sich fürnehmlich auf unsere Empfindung bezieht, und zwischen dem Gemäßigten und Seißen die Mittelstufen andeutet. Wir eignen die Wärme den Körpern zu, so fern wir sie warm nennen. Und da wir finden, daß die Körper nicht für sich warm, sondern bald wärmer bald kälter sind, so sind wir auch längst schon gewöhnt, den Ursprung der Wärme außer ihnen zu suchen. Da finden wir dann zwei kräftig wirkende Ursachen, nemlich das eigentliche Feuer und das Sonnenlicht. Indessen giebt es bey genauern Nachforschen noch einige andere Ursachen, die etwas eigenes haben. Man fand, daß wenn Metalle gehämmert oder auch gefeilt werden, sie sich erhitzen. Eben so auch kann durch starkes Reiben Holz in Flammen gerathen. Wiederum fand sich, daß beym Gähren des Weins und des Biers Wärme entsteht. Endlich giebt es auch Materien, die bloß dadurch, daß sie vermischet werden, sich erhitzen. Auf diese Art wird Wärme und Feuer herfürgebracht, wo vorhin keine war, wenigstens keine zu seyn schien. Allerdings ein Anlaß genauer nachzuforschen, aber auch ein Anlaß die Kenntnisse noch verworrener zu machen. Es klingt außerordentlich, wenn jemand sich des Kunststückes rühmet, daß er auf dem warmen Ofen Wasser in Eis verwandeln könne. Das heißt Kälte finden, wo lauter Wärme ist. Und doch geht die Sache an. Ferner gießt man Scheidwasser auf Eisen, so brauset es mit Hitze auf. Gießt man eben das Scheidwasser auf Schnee, so wird er noch merklich kälter. Bey Versuchen von dieser Art wird man leicht zu dem Geständnisse gebracht, daß uns Wärme und Kälte noch sehr unbekante Dinge sind.

§. 6.

Indessen sind diese Dinge nur beziehungsweise unbekant. Die Wärme und Kälte als Empfindung betrachtet, ist ein Begriff der in seiner Art eben so klar ist, als immer die Begriffe von Licht und Farben seyn mögen. Das Feuer zeigt sich uns in Gestalt der Flamme oder glühenden Kohlen sichtbar. Daß es nach Maaße seiner Größe und Entfernung stärker oder schwächer wirke, giebt uns ebenfalls die unmittelbare Empfindung an. Ohne gebrennt zu werden dürfen wir keinem Feuer zu nahe kommen. Wir folgern richtig daraus, daß es in größerer Nähe noch heißer seyn müsse. Daß die Wärme oder auch die Hitze des Feuers sich den Körpern, so in dessen Nähe sind, mittheilt, schließen wir daraus, daß wir sie bey dem Berühren wärmer finden, als sie vorhin waren. Wir finden eben so, daß sie gleiche Grade von Wärme schneller erhalten, wenn sie näher beym Feuer sind, oder auch wenn bey gleichem Abstände das Feuer größer ist. Wie:

derum finden wir, daß die am Feuer erwärmten Körper die erlangte Wärme verlieren, so bald sie vom Feuer weggerückt werden. Aehnliche Erfahrungen giebt uns auch das Sonnenlicht. Endlich lehrt uns die gemeine Erfahrung, daß nicht jedes Holz gleich gut brennt, das will sagen gleiche Hitze giebt, und daß man seine Hitze durch Anblasen verstärken kann.

§. 7.

Es besteht nun aber die Wirkung des Feuers in den Körpern nicht schlecht hin nur darin, daß es sie wärmer macht. Bei geringer Wärme fällt zwar kein anderer Unterschied merklich in die Augen, als etwa der, daß nasse Körper austrocknen. Aber bei stärkerer Erhitzung wird die Wirkung desto merklicher. Besonders verändert sich die Härte oder Festigkeit der Körper sehr dabey. In siedendem Wasser wird ein Ey hart, währenddem Butter, Tall, Fett ic. zerrinnen. Ziegelsteine müssen erst im Feuer ihre Härte behalten, da hingegen Kalksteine zu Pulver werden, Holz zu Asche brennt, und Metalle schmelzen. Veränderungen von dieser Art haben etwas Gewalttames. Und eben daher kommt es, daß wir uns in dem Feuer Kräfte gedenken, die solchen Zerstörungen angemessen sind. So stark aber diese Kräfte seyn mögen, haben sie dennoch ihre Schranken. Gold und Silber wird zwar im Feuer flüßig, und die fremdartigen Theile brennen daraus weg. Aber die Theile, die eigentlich Gold und Silber sind, läßt das Feuer ungetrennt, da es hingegen andere Metalle in Kalk und Glas verwandelt. Einige Körper halten unverfehrt die Hitze des heftigsten Feuers aus. Die meisten aber werden so verändert, daß man sie nicht mehr kennt. Alle diese Wirkungen sind nun so wohl den Graden als der Zeit nach sehr verschieden. Daß ferner das Schießpulver etwas ganz eigenes habe, wenn es angezündet wird, ist eine allzubekannte Sache, als daß ich sie umständlicher anzeigen sollte.

§. 8.

Zu dem, daß die Wärme aus wärmern Körpern in kältere übergeht, kommt noch ein anderer Umstand, nemlich daß sie sich leichter aufwärts als unterwärts bewegt. Das Aufsteigen der Flamme fällt in die Augen. In kochendem Wasser steigen mit der Wärme eine Menge Blasen auf. Hält man die Hand in gleicher Entfernung über, unter oder neben einen stark erhitzten Körper, so wird der Unterschied der Wärme leicht empfunden. Ein Eisen, so nur am einen Ende heiß ist, wird es bald auch am andern, wenn dieses gerade über jenem aufwärts gehalten wird.

Zweytes Hauptstück.

Das Ausmeßbare bey Feuer und Wärme.

§. 9.

Das bisher Gesagte ist größtentheils aus der gemeinen Erfahrung, und ohne viele Umstände angeführt. Man sieht aber schon daraus, daß wenn alles genauer bestimmt werden soll, genug dabey auszumessen und zu berechnen vorkömmt. Verschiedenes ist bereits angezeigt. Ich werde nun aber, ohne sogleich mehr anzugeben, wiederum den Sprachgebrauch, und zwar dieses Mal den griechischen mit zu Rathe ziehen. Die Sprachen sollten eigentlich so eingerichtet seyn, daß die Zusammensetzung ihrer Theile oder Wörter allemal richtig zusammengesetzte Begriffe angebe, so oft jene den Regeln der Sprache gemäß ist, daran fehlt aber viel. Indessen soll es wenigstens daran nicht fehlen, daß sich nach Art der Zusammensetzung der Begriffe auch Wörter zusammen setzen lassen, und dieses geht nun hier im Griechischen mit einer recht bündigen Kürze an. Ich habe das Wort *Pyrometrie* bereits zur Aufschrift dieses Werkes gewählt. Nun mögen noch die Wörter *Pyrostatic*, *Pyraulic* und *Pyrodynamic* erscheinen, und wegen gewisser Unterschiede mag die *Thermometrie* der *Pyrometrie* entgegen oder zur Seite gesetzt werden.

§. 10.

Diese Namen könnten nun ganz gut Ueberschriften von eben so vielen Haupttheilen der *Pyrometrie* abgeben. Und dann ließen sich noch die *Pyrobolic* und die *Pyrotechnic* in ihrer allgemeinsten Bedeutung mitnehmen, und etwann auch noch die *Pyrophorie*, *Pyrurgie*, *Pyronomie* u. beyfügen. Ich gedenke aber der Ordnung des Vortrages, so daher entstehen würde, nicht zu folgen. Sie geht mehr auf Worte als auf Sachen. Indessen wird es nicht un-dienlich seyn, die Bedeutung und den Umfang dieser Benennungen hier etwas näher zu betrachten. Oft können auch Worte auf Sachen führen, und von Rechts wegen sollte es immer seyn.

§. 11.

Wir haben bereits gesehen, daß sich bey Feuer und Wärme Kräfte denken lassen. Bey Kräften kann ein Gleichgewicht vorkommen; und dieses leidet ganz ungezwungen auf etwas statisches. In so fern läßt sich also eine *Pyrostatic* gedenken. Was der Kraft des Feuers oder der Wärme das Gleichgewicht hält, ist eben deswegen auch eine Kraft, weil nur gleichartige Dinge einan-

der gleich gesetzt werden können. Eigentlich ist die Sache umgekehrt; denn gerade aus dieser dem Feuer widerstehenden Kraft schließen wir, daß auch das Feuer eine Kraft habe, und zwar so, daß nicht bloß die Kraft zu erwärmen dadurch verstanden werden müsse, wiewohl das Erwärmen auch mit dabey vorkömmt. Gemeinlich ist das, was dem Feuer als Kraft entgegen wirkt, die bereits (S. 7.) erwähnte Härte und Festigkeit der Körper, und fürnemlich bey solchen Körpern, die bey dem Erhitzen weich und flüßig werden, oder in Kalk und Asche zerfallen. Nun läßt sich ein Körper ohne angewandte Kraft nicht in Theile zerfallen. Da aber das Feuer die Körper theilt, oft auch zersprenget, so wird demselben allerdings mit Recht die dazu erforderliche Kraft beygelegt.

§. 12.

Das Feuer oder die Wärme als Kraft betrachtet, kann nun auch mit sich selbst im Gleichgewichte seyn, und ist es, so oft ein Körper, indem es sich befindet, in allen Theilen gleich warm oder heiß ist. Man nehme nun den bereits (S. 6.) erwähnten Umstand mit, daß die Wärme aus dem Körper weggeht, wenn er sich an einem kältern Orte befindet, so folgt auch, daß das Feuer in einem Körper kein dauerhaftes Gleichgewicht hat, dafern nicht der Körper gerade eben so warm ist, als der Ort, wo er sich befindet. Durch den Ort verstehe ich hier jeden beliebigen Ort, es mag in der Luft, im Wasser, in andern Körpern, oder selbst auch im luftleeren Raume seyn. Denn die Versuche mit der Luftpumpe haben längst schon dargethan, daß die Wärme keinen Abscheu vor dem leeren Raume hat.

§. 13.

Dieses Gleichgewicht der Wärme in verschiedenen Körpern und außer demselben hat allem Ansehen nach eben die Beschaffenheit, wie das Gleichgewicht flüßiger Materien von schwererer und leichter Art. In gebogenen Röhren hält eine Säule von Quecksilber einer 14 mal höhern Säule von Wasser das Gleichgewicht, und es ist dabey gleich viel, ob die Röhre durchaus einerley Weite hat oder nicht. Eben so ist in einem größern Körper eine größere Menge von Wärme; an sich aber wird dadurch die Wärme nicht stärker. Und so kann auch in Körpern von verschiedener Dichtigkeit bey gleich starker Wärme eine größere oder kleinere Menge von Wärme seyn. Hierüber entscheidet die gemeine Erfahrung nicht viel. Man findet zwar Körper, die bey gleicher Größe, gleiche Grade von Wärme geschwinder annehmen als andere. Ob aber in gleicher Zeit gleiche Menge von Wärme sich hineinzieht, das bleibt dahin gestellt und muß durch besondere Versuche erörtert werden. Ich führe es hier als eine an sich nicht unwahrscheinliche Sache an, um die Ähnlichkeit zwischen der Pyrostatic und Sydrostatic mehr aufzudecken. Man sieht ohne Mühe, daß dieses letztere Wort
das

das erstere veranlaßt hat. Der Unterschied ist nur, daß da die Hydrostatic dem Wortverstande nach das Wasser betrifft, und nach und nach auf andere flüssige Materien ausgedehnt worden, die Pyrostatic ganz süglich sich auf Feuer und Wärme einschränkt, und folglich beym eigentlichen Sinn des Wortes bleiben kann.

S. 14.

Uebrigens entsteht bey dem Worte Pyrostatic ganz ungezwungen die Frage von der Leichtigkeit oder Schwere des Feuers. Ich finde in Schwenters Erquickstunden, daß der französische Verfasser, dem er gefolgt ist, ein Mittel das Feuer abzuwägen vorgeschlagen, worauf aber Schwenter wenig hält. Man soll nemlich das Holz wägen, ehe man es anbrennt, und dann die Asche, nachdem es verbrennt worden. Dadurch wird man allerdings finden, wie viel in Dampf, Rauch und Ruß davon gegangen. Dieses aber müßte auch gewogen werden; dann würde erst die Frage seyn, ob das Gewicht des Feuers etwas betrage, das sich mit der Wage schätzen läßt. Das Feuer ist leichter als die Luft, selbst wenn diese sehr verdünnt ist. Man begreift daher, daß wenn ein glühendes Eisen mehr wägen sollte, als nachdem es wieder erkaltet ist, dasselbe sehr groß seyn müßte, und dann würde die Wage kaum so viel Ausschlag geben, als der Unterschied austrägt. Mit den chymischen Versuchen, wodurch man gefunden, daß Metallkalcke schwerer sind, als die Metalle woraus sie gezogen worden, sieht es ebenfalls mißlich aus, wenn man dadurch beweisen will, daß das Uebergewicht von dem im Kalcke zurückgebliebenen Feuer herrühre,

S. 15.

Der Aus- und Einfluß des Feuers in den Körpern ist ein Umstand, welcher das Wort Pyraulic an sich schon rechtfertiget. Die Pyraulic ist in so fern die Wissenschaft von der Bewegung und dem Durchflusse des Feuers. Diese entsteht allemal bey aufgehobenem Gleichgewichte der Kräfte des Feuers in und außer dem Körper oder auch in verschiedenen Theilen desselben. Im engern Verstande mag die Pyraulic auch die Leitung des Feuers durch Röhren andeuten, und in so fern kommen z. E. die Camine, Windöfen, Schorsteine, chymische Zugöfen, auch wohl die Reverberir oder Prallosen in Erwägung. Auch auf Feuerheerden wird oft die Flamme unter mehreren Löpfen durchgezogen, und in Gewächshäusern werden durch solche Züge oft die Böden ganz gewärmt. In Bädern giebt es auch Fälle, wo das warme Quellwasser in langen Röhren nach dem Badhause geleitet wird, und da muß mit dem Wasser zugleich auch dessen Wärme fortgeleitet werden. Das will sagen, man müsse eine solche Einrichtung treffen, daß das Wasser unter Weges nicht erkälte.

§. 16.

Die Pyrodynamie betrifft überhaupt die Kräfte des Feuers, sofern dadurch Veränderungen in den Körpern herfürgebracht werden. Das durch Kunst verstärkte Sonnenfeuer, die Kraft des Feuers im Schießpulver, die Verstärkung seiner Kraft durch Einschließen und Anblasen, das Ausglühen, Schmelzen, Brennen, Verkalken der Körper im Feuer, die Dampfkugeln, die Schnellkraft der Dünste &c. Alles dieses kömmt hiebey auf mehrerley Arten in Betrachtung. Kraft, Raum, Masse und Zeit werden verschiedentlich mit einander verglichen, da der Erfolg sehr beträchtliche Unterschiede zeigt. Glas, Holz und Steine springen, wenn sie zu schnell dem Feuer ausgesetzt werden. In andern Fällen, wie z. E. beym Schießpulver, und oft auch beym Löthen und Zuschmelzen wird eine schnelle Wirkung verlangt, so wie hingegen es auch viele Fälle giebt, wo eine gemäsigte aber anhaltende Kraft des Feuers die verlangte Wirkung thut. Die Kochkunst giebt beym Kochen, Rösten, Braten &c. eine Menge von Beyspielen, und man findet solche in allen Fällen, wo die durch das Feuer herfürzubringende Wirkung nur bis auf einen bestimmten Grad gehen soll.

§. 17.

So fern das Wort Wärme seine Bedeutung nur auf diejenigen Grade erstreckt, die von uns ohne Schmerzen empfunden werden können, kömmt die Thermometrie vor. Im engern Verstande aber kann das Maas der Wärme nach dem Urtheile unserer Empfindung dadurch angedeutet werden. Die gemeinen Thermometer sind von ihrer ersten Erfindung an dazu eingerichtet worden. Ihre Stufenleiter gieng vom stärksten Winterfroste bis zur stärksten Sonnenwärme, und noch dormalen werden die Grade stärkste Kälte, sehr kalt, kalt, gemäsigt, warm, sehr warm, große Hitze oder andere gleichgeltende beygeschrieben. Sie beziehen sich offenbar auf unser Urtheil von dem Zustande der Luft; denn was hiebey große Hitze heißt, ist eine Hitze, worinn glühendes Eisen sehr stark erkälten kann.

§. 18.

Die Pyrobolic und Pyrotechnic sind besondere Anwendungen der Pyrometrie, so fern sie zur Geschützkunst und Feuerwerkerey gehören. Das Feuer an sich wird nicht geworfen, wohl aber brennende und glühende Körper. Denn man findet überhaupt das was eigentlich Feuer ist, nie allein, sondern immer mit Körpern und andern Materien verbunden. Die reinste Flamme ist doch nur ein brennender Dampf. Im allgemeinem Verstande wird Pyrotechnic so viel als die Kunst bedeuten, mit Feuer umzugehen, und in so fern erstreckt sie sich sehr weit, und eben so weit wird sich auch die Pyurgie erstrecken. Sofern man endlich auf die Gesetze sieht, nach denen das Feuer in seinen Wirkungen sich rich-

tet, läßt sich die Pyronomie oder Pyronomic gedenken, welche zugleich auch die sogenannten Feuerordnungen in Städten unter sich begreift. Endlich habe ich auch (S. 10.) der Pyrophoric Erwähnung gethan. Diese mag insbesondere die Behältnisse des Feuers nebst der Kunst es lange aufzubewahren und zu erhalten anzeigen.

§. 19.

Da die Sonne eine unerschöpfliche Quelle von Wärme ist, die sie dem Planeten und Cometenystem um sich herum mittheilt, und besonders auf unserer Erde die Abwechselungen der Jahreszeiten und ihrer Witterung herfürbringt, so verdient dieses in der Pyrometrie eine besondere Untersuchung, die sich durch Pyrometeorologie benennen läßt.

§. 20.

Wenn es also nur auf Namen ankommt, so haben wir hiemit einen guten Vorrath gesammelt, und zwar solche, die einen beträchtlichen Umfang in der Bedeutung haben, und eben so viele einzelne Theile der Pyrometrie abgeben könnten. Eigentlich aber dienen sie besser zu einer bloßen Pyrologie oder Pyroscopie. Denn die Ordnung des Vortrages würde mehr für das Gedächtniß als für den Verstand eingerichtet werden, und mehr eine Erklärung von Wörtern als von Sachen seyn. Bey diesem Vorrathe von Namen bleibt die Sache selbst noch sehr unbekannt. Wir müssen, um diese näher kennen zu lernen, tief ins innere der Körper eindringen. Denn dort finden wir die Werkstätte, wo das Feuer seine mehresten und größten Wirkungen herfürbringt. Mit diesem Eindringen in das innere der Körper geht es nun nicht so geschwinde zu. Es setzt viele vorläufige Kenntnisse voraus, und mehrentheils müssen wir erst aus den äußern, in die Sinne fallenden Wirkungen schließen, wie es inwendig beschaffen seyn müsse, damit solche äußere Wirkungen statt finden können. Diese müssen uns daher im Voraus erst bekannt seyn. Man sieht ohne Mühe, daß hiedurch die Ordnung des Vortrages bestimmt wird.

Der
Pyrometrie
oder
vom Maaße des Feuers und der Wärme
Zweiter Theil.
Von der Ausdehnung der Körper durch die Wärme.

Erstes Hauptstück.

Von der Ausdehnung der Luft durch die Wärme.

S. 21.

Ich habe bereits (S. 14.) angemerkt, daß das Feuer nirgends allein vorkömmt, sondern immer mit andern Materien verbunden ist. Die Scheidekünstler, denen es in allewege daran gelegen ist, das Feuer und dessen Wirkungen genau zu kennen, finden, daß in verbrennlichen Körpern ein gewisses brennbares Wesen, Phlogiston ist, welches wenn es durch das Brennen aus den Körpern weggeht, nichts als eine feuerfeste Asche, und in dieser mehrentheils ein feuerfestes Laugensalz zurücke läßt. Dieses Phlogiston ist wohl nicht das Feuer selbst, aber es scheint mit demselben, um mich des chemischen Ausdrucks zu bedienen, die größte Verwandtschaft zu haben. Es befindet sich vorzüglich im Fette oder ölichten Materien, und mittelst solcher kann es besonders den eingäscherten Metallen dergestalt wieder gegeben werden, daß sie wiederum ihre Flüssigkeit und metallische Form erhalten.

S. 22.

Die Schwierigkeit das Feuer oder auch das Phlogiston rein zu erhalten, und es seiner Menge und Stärke nach unmittelbar auszumessen, verursacht, daß

man auf andere Mittel bedacht seyn muß, diesen Zweck zu erhalten. Dieses geht nun an auf so vielerley Arten man in den Wirkungen des Feuers etwas ausmeßbares findet, welches mit der Kraft oder der Menge des Feuers ab- und zunimmt. Es versteht sich, daß man am besten verfähret, wenn es sich zuträgt, daß beides in gleicher Verhältniß geschieht. Denn in andern Fällen muß die Ungleichheit erst durch Rechnung und behörige Einrichtung der Stufenleiter gehoben werden.

S. 23.

Der erste, der auf so was verfiel, ist Cornelius Drebbel von Alkmar aus Nordholland. Er war, so viel man in der alkmarischen Chronik findet, daselbst im Jahr 1572 geboren. Seine in früher Jugend sich äußernden Verstandesgaben veranlaßten seine Eltern ihm eine nicht gemeine Erziehung geben zu lassen. Sein vornehmster Hang gieng auf mechanische und chymische Kenntnisse, und hierinn besonders auf das Erfinden neuer Kunststücke und Geheimnisse. Dadurch kam er mit mehreren Gelehrten in Bekanntschaft. Die Erfindung der immerwährenden Bewegung gehört mit unter die Absichten, die er sich vorsetzte. Er suchte sie theils in chymischen Vermischungen, theils auch in noch bis dahin unbekanntem Kräften der Natur. Es mag dahin gestellt bleiben, ob die längst bekannten Dampfugeln (Aeoli pilae) oder andere Versuche ihm Anlaß gegeben haben, zu finden, daß die Luft durch die Wärme sehr merklich ausgedehnt wird, und in der Kälte sich wieder zusammen zieht, und besonders, daß schon die Kraft der Sonnenwärme hinreichend ist, die Luft dergestalt auszudehnen, daß dadurch allerley beliebige Bewegungen herfürgebracht werden. Ich finde in Zarsdörfers Fortsetzung der Schwenterischen Erquickstunden S. 399. daß Drebbel im Jahr 1607 zu Alkmar ein Buch von der immerwährenden Bewegung herausgegeben. Aus demselben führt Zarsdörfer Drebbels Bittschreiben an Kaiser Rudolph II. an. Drebbel war zu Prag unverschuldeter Weise in C-fangenschaft gerathen, und die kaiserlichen Räte gaben ihm, um seine Befreyung zu erhalten, ohne die vom Schloßhauptmann geforderten 100 Thaler erlegen zu müssen, den Anschlag, seine Kunststücke dem Kaiser vorzutragen, welches er auch that. Darunter kömmt nun ein Clavicymbel mit zween Thürflügeln und mehreren Bildern vor. Diese Thürflügel, oder wie er sie nennet, Vorhänge und Teppiche sollen sich, so bald die Sonne darauf scheint, von selbst eröffnen und eine liebliche Musik sich hören lassen. Wenn aber die Sonne untergeht oder sich hinter Wolken verbirgt, soll die Musik aufhören und die Gardinen und Teppiche sich schließen. Nach dem Desnen kömmt auch Neptun und Phoebus mit ihrem Gefolge herfür. Ein Springbrunn läßt das Wasser beständig aus zwey Röhren springen, und wenn die Sonne darauf scheint, springt das Wasser aus 100 Röhren etc. Auch ist noch ein Glas dabey, worinn das

Wasser von selbst in Zeit von 24 Stunden und ungefähr 40 Minuten zwey Mal steigt und fällt, so daß es statt einer Uhr Stunden und Viertel des Tages richtig anzeigt. Diese Bewegungen erfolgen auch, wenn man mit der Hand das Glas berührt. Von allem diesem sagt Drebbel, daß der König von England (Jacob II.) und viele tausend Menschen wirkliche Proben gesehen haben.

§. 24.

Ich führe diese Umstände mit Vorbedacht an. Drebbel wird gewöhnlich als ein Bauer aus Nordholland beschrieben, und höchstens von ihm gesagt, daß er sinnreich gewesen, und die Vergrößerungsgläser und das sogenannte Drebbelsche Thermometer erfunden. Allenfalls stellt man ihn noch als einen wunderlichen und geheimnisvollen Menschen vor, der aus seinen Sachen allzu viel Wesens macht, nichts eröffnet, und sehr verworren urtheilet, wie man es aus seinem Buche von der Natur und Eigenschaft der Elemente, welches von Zeit zu Zeit wieder aufgelegt worden, ersehen könne. Ich finde in diesen Beschuldigungen eben nichts besonders. Die Wißbegierde, und zumal die nach verborgenen Dingen, war immer eine große Triebfeder, viele Versuche und mit diesen auch wahre Entdeckungen zu machen. Man nehme ferner die Naturlehre, so wie sie im Anfange des vorigen Jahrhunderts war. Man verbinde damit die damaligen chymischen, oder eigentlicher zu reden, alchymistischen Lehrbegriffe, so wird man ohne Mühe begreifen, daß es in Drebbels Kopfe nicht sehr helle aussehnen konnte. Indessen hatte er vor manchem damaligen und nachfolgenden Lehrer der Naturkunde den Vorzug, daß er seine Grübeleien durch wirkliche Versuche auf die Probe setzte. Daß solche Proben auch zuweilen glücklich ausfielen, erhellet schon daraus, daß die Vergrößerungsgläser und sein Thermometer mit darunter gehört haben. Er blieb nicht unbekannt. Vorel der damalige holländische Gesandte am englischen und französischen Hofe, nannte ihn seinen Freund. Bey dem König Jacob I. in England war er sehr angesehen. Kaiser Ferdinand II. gab ihn seinem Prinzen zum Lehrer, und als er 1620 - on den pfälzischen Kriegsvölkern mit andern Personen des Kaiserlichen Hofstaates gefangen war, wurde er auf Vorschrahe des Königs von England und der Generalstaaten frey gemacht und nach London geschickt, wo er 1634 starb.

§. 25.

Dieses ist es, was ich von Drebbeln habe vorfinden können. Die Erfindung seines Thermometers, oder eigentlicher zu reden, der durch die Wärme zu bewirkenden sehr starken und kräftigen Ausdehnung der Luft fällt auf den Anfang des vorigen Jahrhunderts. Jacob I. gelangte 1603 zur Englischen Krone. Drebbels Buch kam 1607 heraus. Binnen diesem Zeitraume war Drebbel zu London und zu Prag. Sein Clavichmbel ist auch nicht die Er-

findung, die man in einigen Stunden machen und zu Stande bringen kann. Es gehöret Zeit dazu. Und damit läßt sich die Epoche ganz wohl vor das Jahr 1603, das will sagen vor das 31te Lebensjahr Drebbels setzen. Man schreibt die Erfindung des Drebbelschen Thermometers auch einigen Italienern, dem Galilei und selbst auch dem in der Staatsgeschichte berühmten Fra Paolo Sarpi zu; und Sanctorio giebt sich selbst auch für den Erfinder aus. In Ansehung des Fra Paolo ist es vermuthlich, daß er durch seinen Briefwechsel zuerst Nachricht von der Erfindung erhalten, und daß sie durch ihn in Italien bekannt geworden. Dem Galilei wird sie nur von Diviani seinem Lehrlinge und größten Verehrer zugeschrieben. Vielleicht mag Galilei Verbesserungen an der Erfindung gemacht haben. Und eben dieses mag auch in Absicht auf den Sanctorius statt finden. Denn es ist bekannt genug, daß Drebbels Thermometer so ganz nicht das war, was es seyn sollte, ungeachtet Drebbel den Grund davon gut zu gebrauchen wußte. Robert Fludd, welcher unter allen am meisten Wesens daraus machte, und nicht wie Drebbel, mechanische Kunststücke, sondern Geheimmisse dahinter fand, giebt vor, er habe die Erfindung in einem wenigstens 500 Jahr alten Manuscripte gefunden. Das mag seyn. Nur mußte auch bewiesen werden, ob Drebbel das Manuscript gesehen habe oder nicht. An sich könnte die Erfindung sehr alt seyn, so wie es die Dampfugeln sind, die schon Vitruv als sehr bekannt und zum Anblasen des Feuers gebräuchlich anführt und beschreibt. Daß Schweins- und anderer Thiere Blasen und so auch die Fischblasen in der Wärme sich ausdehnen, beim Feuer mit Knallen zerplätzen, daß eben dieses auch bey Castanien geschieht, wenn man sie unaufgeschnitten ins Feuer legt, das sind allem Vermuthen nach ebenfalls längst bekannte Dinge. Indessen ist von da an bis zum Drebbelschen Thermometer ein Schritt zu thun, der nicht sogleich wirklich gethan worden, als man ihn hätte thun können.

§. 26.

Wie Drebbels Thermometer mag ausgesehen haben, ist mir unbekannt. Vermuthlich war es eine gläserne Kugel mit einem langen Halse. Durch die Wärme der Hand dehnt sich die Luft in der Kugel aus, und wird zum Theil heraus getrieben. Wird dann die Röhre im Wasser gestellt, und die Hand von der Kugel weggezogen, so steigt das Wasser in die Röhre bis auf eine gewisse Höhe, und bleibt so, bis die Wärme der äußern Luft sich ändert. Diese Einrichtung ist die einfachste von allen und vermuthlich die erste. Man fand bald, daß gefärbtes Wasser, rother Wein, Scheidwasser, womit Kupferplatten geätzt worden, und welches dadurch eine grüne Farbe erhalten, gefärbter Branntwein oder Weingeist sichtbar war, und statt des klaren Wassers mit Vortheil gebraucht werden konnte. Man fand eben so, daß es viel auf die Verhältniß von der Weite der Kugel und der Röhre ankomme, wenn das Werkzeug empfindlich seyn sollte. Anstatt

die Röhre in ein Gefäß mit Wasser zu stellen, bog man sie um und ließ eine oben offene Kugel daran blasen, woein das Wasser oder die flüssige Materie gegossen werden konnte. Dadurch erhielt man, daß das Instrument sich bequemer herum tragen ließ. In den *Récréations Mathématiques*, welche Schwentern zur Grundlage seiner Erquickstunden gedient haben, und die bald nachher von Nyz Dorge und Senrion streng beurtheilt worden, finde ich, daß man schon vor 1636 die Kugel und Röhre dergestalt zusammen zu passen gewußt, daß die flüssige Materie vom Sommer zum Winter die ganze Länge der Röhre durchließ. Ferner, daß dieser Raum von den Weltweisen damals in 8, von den Aerzten aber in 4 Theile getheilt worden, und endlich, daß jene jeden der 8 Theile nochmals in 8 kleinere eintheilten. Dieser Unterschied in der Eintheilung rührt vermuthlich daher, daß die Aerzte sich nach ihren damals üblichen sogenannten 4 Graden der Wärme richteten, nach welchen sie gewohnt waren, die Kraft der Kräuter und der Bitterung zu schätzen, und die, so viel mir bekannt ist, durch die Benennungen: kalt und trocken, kalt und feucht, warm und feucht, warm und trocken unterschieden wurden. Die Philosophen hingegen wählten sich 4 Grade von Wärme über dem gemäßigten Zustand der Luft und 4 Grade von Kälte unter demselben, weil sie fürnehmlich auf den meteorologischen Gebrauch Rücksicht nahmen, und die Wörter gemäßiget, lau, warm, sehr warm, heiß, so wie auch frostig, kalt, sehr kalt, strenge Kälte zu diesen 8 Abtheilungen verständliche Benennungen angaben.

S. 27.

Noch blieb ein eben nicht großer Schritt zu thun, um auf den Schluß zu kommen, daß da die Luft sich so leicht durch die Wärme ausdehnt, sie wohl auch durch äußere Gewalt könne zusammengedrückt werden. Daß dieses bey Blasen der Thiere und Fische angehe war gewiß genug von den ältesten Zeiten her schon bekannt. Allein wie oft sieht man Dinge, daraus wichtige Folgen gezogen werden könnten, und doch nach langer Zeit erst wirklich gezogen werden. Otto Göricke verfiel darauf, und zwar auf eine ganz eigene Art. Er wollte aus einem mit Wasser gefüllten Fasse das Wasser herauspumpen, damit sich dessen Oberfläche und mit derselben auch die Luft herunter senke. So gedachte er über der Luft einen leeren Raum zu erhalten. Seine Hoffnung schlug fehl. Er fand aber Umstände, woraus er folgern konnte, daß die Luft unmittelbar ausgepumpt werden kann, und daß sie dessen unerachtet fortfahre den Raum ganz auszufüllen, indem sie sich durch eine ihr eigene Kraft ausbreitet und verdünnet. Hinwiederum fand er daß sie sich zusammenpressen lasse, und daß selbst auch die äußere freye Luft immer eben diese Kraft sich auszubreiten äussert, indem sie zwei Halbkugeln die gut auf einander passen, wenn die Luft aus ihrer Hölung herausgepumpt worden, sehr stark zusammen drücket. Den Versuch stellte er feyerlich vor den Gesandten
des

des Reichstages an, und dieses trug mit bey, daß die Sache viel Aufsehens machte. Ungefähr um eben die Zeit, nemlich 1643 erfand Torricelli das Barometer, und so waren alle Schritte gethan, um die Schwere, den Druck und die Schnellkraft der Luft genauer kennen zu lernen.

Zweytes Hauptstück.

Von der Ausdehnung anderer Materien durch die Wärme.

§. 28.

Man fand auch bald, daß erstlich die Gerickische Kugel, womit er das Gewicht der Luft abwog, und welches daher ein Barometer seyn sollte, eigentlich nur die besondere Schwere der Luft angab, und des Torricelli Röhre viel eher verdiene ein Barometer zu heißen. Eben so fand man hinwiederum, daß das Drebbelsche Thermometer nicht so schlechthin die Veränderungen der Wärme anzeigt, sondern daß auch die Veränderungen der Schwere der Luft viel dazu beytrage, und daß folglich seine Veränderungen ein Gemische von barometrischen und eigentlich thermometrischen Veränderungen sind. Nun hätten sich freylich mittelst des Barometers und einer anzustellenden Rechnung diese beyderley Wirkungen können unterscheiden lassen. Dieses unterblieb aber, und man fiel auf andere Versuche, Instrumente zu verfertigen, die bloß von der Wärme sich verändern.

§. 29.

Hierinn gelang es der Florentinischen Academia del Cimento. Sie bemerkte, daß unter den flüssigen Materien, besonders der Weingeist sich ziemlich merklich ausdehnt. Man färbte denselben, füllte gläserne Kugeln mit langen Röhren damit an, und schmolz das Ende der Röhre zu. Diese Einrichtung hat sich noch immer erhalten. Das Jahr dieser Erfindung ist mir nicht bekannt. Sie wird aber in dem Saggio der Academie, welcher 1667 herausgekommen, nebst noch einigen andern thermometrischen Versuchen beschrieben. Die Akademie selbst wurde 1657 von dem Großherzogen Leopold zu Florenz gestiftet. Und da 1667 diese sogenannte Florentinische Thermometer in vielen Ländern schon bekannt waren, die Akademiker auch anzeigen, daß einige ihrer Thermometer die Farbe an das Glas ansetzen, welches eben nicht in wenigen Tagen geschieht, so wird die Zeit der Erfindung näher bey 1657 als 1667 seyn.

§. 30.

Die Akademiker verfertigten solche Instrumente zu ihrem besondern Gebrauche nach dreyerley Größe, und geben an, wie sie bey jeder die Stufenleiter bestimmt haben. Sie nahmen zween äußerste Puncte an, den tiefsten bestimmten sie dadurch, daß sie das Thermometer in Schnee und Eis setzten. Nun ist zu Florenz die Winterkälte eben nicht sehr groß, und dieses macht, daß ihr Schnee und Eis wenig kälter ist, als gerade daß er nicht schmelzet. Den argeren oder höchsten Punct fanden sie, indem sie das Thermometer an den wärmsten Tagen an die Sonne setzten. Dieser Grad ist etwas unbestimmt. Indessen sagen Borelli und Malpighi, daß dieser Grad eben derjenige sey, der die Wärme in dem Leibe der Kühe, Hirschen &c. anzeige. Man sieht hieraus, daß die Florentiner Akademiker so ziemlich bey dem vorhin (§. 26.) erwähnten Verfahren das Dreibehelische Thermometer einzutheilen geblieben sind. Nur nahmen sie anstatt der 8 philosophischen Grade 80, und anstatt der 4 medicinischen 40 an. Im ersten war der 80ste Grad der von der Sommer-Sonnenwärme, und den von der Kälte des Schnees setzten sie auf den 20sten, so daß sie noch 20 Grade abwärts zählten, um auf 0 zu kommen. Eben so zählten sie noch 20 Grade über den 80sten hinaus, und damit hatte die ganze Stufenleiter in allem 100 Grade.

§. 31.

Das andere Thermometer hatte in allem nur 50 Grade. Von diesem ist ebenfalls der 40ste der Grad der Sommer-Sonnenwärme. Die gemeine Winterkälte setzten oder fanden sie bey dem 11ten oder 12ten, und diese Grade stehen mit dem 17ten oder 18ten der erstern Eintheilung als übereinstimmend an.

§. 32.

Endlich haben sie noch empfindlichere Thermometer gemacht, die sie in 300 Grade, oder wohl auch in 400 einteilten. Mit diesem letztern stellten sie Versuche an, um zu sehen, wie das Wasser, wenn es in gefalzen Eis gesetzt wird, sich beym Frieren erst ausdehnt, dann zusammenzieht und endlich wiederum ausdehnt. Dieses Thermometer stand an der Sonne im Sommer bey dem 400sten Grad, im Eise oder frierenden Wasser bey dem 140sten, und im Eise, welches mit Salmiac vermischt worden, fiel es bis zum 35sten, auch wohl bis zum 15ten Grade. Das erste Thermometer fiel bis auf den $7\frac{1}{2}$ Grad, wenn das Eis mit Salpeter gefalzen war, und auf den 5ten Grad, wenn sie es mit Salarmoniak einsalzten. Hieraus ergeben sich folgende übereinstimmende Grade.

Anzeigen.	1. Therm.	2. Therm.	3. Therm.
Sommer: Sonnenwärme			
Kühe: Blutwärme :	80	40	400
frierendes Wasser :	—	—	140
starke Winterkälte :	17	11	
zu Florenz : :	18	12	
gefälzen Eis :	7 $\frac{1}{2}$	—	35
	5	—	15

§. 33.

Die Florentinischen Thermometer wurden bald in allen Ländern bekannt. Sie hatten die beträchtlichsten Fehler des Drebbelschen Thermometers nicht, sondern überdies noch die Bequemlichkeit, daß sie sich leicht herumtragen ließen. In dessen waren sie doch weniger empfindlich, weil sie die Grade der Wärme nicht so schnell annahmen als das Drebbelsche. Anfangs waren es, und auch noch dermalen sind es Italiener, welche sich mit Verfertigung der Barometer und Thermometer beschäftigen, und sie von Stadt zu Stadt zum Verkaufe herum tragen. Diese Leute giengen von der Sorgfalt, die die Florentinische Akademie bey der Eintheilung ihrer Thermometer beobachtet hatten, sehr ab. Und eben daher entstand die Klage überall, daß die Thermometer keine verständliche Sprache haben, und ihre Eintheilungen gar nicht mit einander übereinstimmen. Man warf sogar die Schuld auf die Thermometer selbst, und brachte Versuche vor, die mit neben einander gehängten Thermometern angestellt worden, und woraus man beweisen wollte, daß ihre Veränderungen nicht nur nicht gleich, sondern sogar auch nicht proportional seyen. Solche Untersuchungen findet man z. B. in Wolfens nützlichen Versuchen.

§. 34.

Die Akademiker von Florenz sagen ferner, daß sie auch bey Wasser, Oel, Quecksilber und vielen andern flüssigen Materien gefunden haben, daß sie sich durch die Wärme ausdehnen. Eben dieses fanden sie bey dem Glase und bey Metallen. Sie stellten aber keine Versuche an, um zu finden, wie viel die Ausdehnung bey verschiedenen Graden von Wärme austrage. Galley scheint der erste gewesen zu seyn, der 1693 deswegen mit der Luft, dem Weingeiste und dem

Quecksilber einige Versuche anstellte. Er fand, daß das Quecksilber im siedenden Wasser sich um $\frac{1}{4}$ Theil ausbreitete, und dieses gab ihm Anlaß, die Hitze des siedenden Wassers als einen bestimmten Grad anzusehen, und ihn zur Eintheilung der Thermometer in Vorschlag zu bringen. Indessen ist dieser $\frac{1}{4}$ Theil dadurch unbestimmt, daß Galley den Grad der Kälte nicht angegeben, von welchem die Zählung muß angefangen werden. Eben dieses machte auch seine Bestimmung von der Ausdehnung der Luft und des Weingeistes unbrauchbar.

§. 35.

Der Satz, daß die Körper in der Wärme ausgedehnt werden, und sich in der Kälte zusammenziehen, leidet in einigen Fällen eine beträchtliche Einschränkung, und besonders wenn flüssige Materien anfangen zu frieren. Das Eis ist je nachdem es schneller oder langsamer frieret, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{7}$, $\frac{1}{5}$ leichter als das Wasser. Es entstehen aber viele Luftblasen darinn, die dazu beitragen, daß sie den Raum vergrößern. Auch legen sich die frierenden Wassertheilen in eine eigene drey- und sechsseitige Lage, wie man es am Rande der Gefäße sieht, in welchen das Wasser anfängt zu gefrieren, und eben so sieht man es am Schnee als an gefrorenen Wassertropfen. Aehnliche Blasen kommen auch in gegossenem Eisen zum Vorschein, und machen es leichter als das geschmiedete, zumal da bey diesem viele irdische und glasartige Theile in Form von Schlacken abgehen. Das Holz hat immer auch Feuchtigkeit in sich, welche sich, wenn das Holz in der Kälte liegt, so wie das Eis ausdehnen. Man sieht ohne Mühe, daß solche Umstände der ausdehnenden Kraft der Wärme Hindernisse in Weg legen, die Kraft selbst bleibt aber deswegen nicht weniger wirklich.

Drittes Hauptstück.

Das Luftthermometer.

Erster Abschnitt.

Vom Zusammendrücken der Luft durch äußere Gewalt.

§. 36.

Daß die Luft könne zusammengepreßt werden, und dadurch eine stärkere Kraft erhalten, hätte allem Ansehen nach mittelst eines Kinderspieles längst schon bekannt seyn können. Die Kinder treiben das Mark aus dem Stücke eines Hollunderastes um eine ganz hohle Röhre zu erhalten. Sie schneiden aus Holz einen Cylinder, der darein passet. Sodann käuen sie aus Papier Kügelchen, die mit einiger Gewalt in die Röhre müssen hineingetrieben werden. Sie treiben das erste aber am einen Ende der Röhre nur so weit hinein, daß es gerade nur darinn ist. Das andere aber treiben sie mit Anstrengung ihrer Kraft am andern Ende so weit hinein, bis das erstere herausfährt, und einen desto stärkern Knall verursacht, je mehr Kraft angewendet werden mußte. Diese Röhre nennt man in Oberdeutschland eine Schleebüchse, vermuthlich weil anstatt der gekäuten papiernen Kügelchen, auch Schleebeeren gebraucht werden können. Es kommt alles darauf an, daß sie genau in die Röhre passen. Da mir keine Geschichte der Kinderspiele bekannt ist, so kann ich auch nicht sagen, wie alt das hier erzählte ist. Man sieht aber ohne Mühe, daß es in kleinem mit den sogenannten Windbüchsen auf eines hinausläuft, weil das Kügelchen durch die Zusammenpressung der Luft herausgetrieben wird. Das sogenannte Blasrohr gehört ebenfalls hieher. Es wird noch von Liebhabern des Vogelschießens gebraucht. Sie brennen Kügelchen von Thon, weil es viel darauf ankommt, daß sie leicht seyn. Diese legen sie in das Rohr, blasen stark hinein, und jagen es mit solcher Geschwindigkeit heraus, daß sie einen Vogel vom Baum herunter schießen können. Hier wird durch das Einblasen die Luft zusammengepreßt.

§. 37.

Dieser Spielwerke unerachtet behält Otto Gericke den Ruhm, daß er die Schnellkraft der Luft, ihre Ausdehnbarkeit und Zusammenpressung zu einer wissenschaftlichen Kenntniß gemacht hat. Indessen dachte er dabei eben nicht sonderlich auf den mathematischen Theil dieser Kenntniß. Das war Mariotten vor-

behalten, welcher sich angelegen seyn ließ, die zusammendrückende Kraft mit dem Grade der Zusammenpressung, das will sagen, mit dem verengerten Raume zu vergleichen, und das Verhältniß zwischen beyden zu bestimmen. Er fand, daß bey 2, 3, 4facher Vermehrung der Kraft der Raum der zusammengepreßten Luft, 2, 3, 4mal enger oder kleiner wird; so daß also der Raum in umgekehrter Verhältniß der Kraft ist. Den Versuch, den er deswegen angestellt und öfters wiederholt hat, ist sehr gut ausgedacht. Indessen scheint er ihn nur bis auf die vierfache Verdichtung getrieben zu haben. Ungeachtet er die Folgen davon bis auf die zwölffache Zusammenpressung ausdehnt. Andere hingegen zweifeln, ob der Satz alsdann genau genug richtig bleibe. Man sehe *D. BERNOULLII Hydrodyn. p. 202.*

S. 38.

Dieses hat Herrn Professor Sulzer bewogen, den Mariott'schen Versuch von neuem vorzunehmen, und bis zur 8fachen Verdichtung der Luft fortzusetzen (*Mem. de l'Acad. de Berlin 1753. S. 116 — 123.*) Die Zusammendrückung geschah nach Mariottens Art in einer umgebogenen gläsernen Röhre, wo die Luft in dem kürzern Theile dem Drucke der äußern Luft und noch einer Quecksilbersäule das Gleichgewicht hielt. Der Raum der Luft wird durch die Höhe in der Röhre, worinn sie immer mehr zusammengepreßt wurde, vorgestellt. Und eben so wird auch die gesammte drückende Kraft durch die Höhe einer Quecksilbersäule angedeutet. Beides in rheinländischen Zollen und deren Decimaltheilen. Der Erfolg war dieser:

Höhe des Druckes.	Höhe der zusammengepreßten Luftsäule.	
	Nach der Erfahrung.	Nach Mariottens Regel.
"	"	"
29,0	12	12,00
31,2	11	11,15
34,3	10	10,14
37,8	9	9,21
42,7	8	8,15
49,1	7	7,23
55,1	6	6,32
65,0	5	5,35
81,0	4	4,27
105,3	3	3,30
153,6	2	2,26
198,2	1½	1,75

Ich habe die Zahlen der letzten Columne so berechnet, daß ich 12mal 29 = 348 durch die Zahlen der ersten Columne theilte.

§. 39.

Dieses geschähe nun der Mariottischen Regel zufolge, weil nach derselben die Zahlen der zweyten Columne in umgekehrten Verhältniß der Zahlen der ersten Columne seyn sollten. Es sind nun die Zahlen der zweyten Columne kleiner als die nach dieser Regel berechneten Zahlen der dritten Columne. Und daraus folgt, daß die Luft sich um etwas wenigens mehr als nach Maaße der drückenden Kraft, zusammendrenget.

§. 40.

Ich finde in *MÜLLERI Collegio Experimentalis* einen zwar nicht so weit ausgedehnten, aber ganz ähnlichen Versuch, welcher in Decimaltheilen des (vermuthlich Nürnbergschen) Werkfußes, folgende Bestimmungen angiebt:

Höhe des Druckes.	Höhe der Luftsäule.	
	beobachtet.	berechnet.
2,35	0,640	0,640
2,47	0,600	0,609
2,56	0,580	0,587
2,83	0,520	0,532
3,21	0,460	0,469
3,64	0,400	0,413
3,81	0,380	0,395
4,14	0,350	0,363

Da auch hier die Zahlen der letzten Columne größer sind als die von der zweyten, so zeigt dieses ebenfalls, daß die Luft etwas mehr als nach der Mariottischen Regel zusammengepreßt wird.

§. 41.

Um diese Versuche mit den vorhergehenden zu vergleichen, müssen sie vorerst auf einerley Maaßstab gebracht werden. Dieses geschieht mit hinreichender Genauigkeit, wenn man in Ansehung der letztern Tafel alle Zahlen der ersten Columne mit $\frac{2900}{235}$ und alle Zahlen der beyden andern Columnen mit $\frac{2000}{340}$ multiplicirt. Auf diese Art entsteht aus beyden Tafeln folgende:

Höhe des Druckes.	Höhe der Luftsäule		Unterschied
	beobachtet.	berechnet.	
29,00	11,00	12,00	0,00
29,68	11,25	11,42	0,17
31,20	11,00	11,15	0,15
31,59	10,88	11,01	0,13
34,30	10,00	10,14	0,14
34,92	9,75	9,98	0,23
37,80	9,00	9,21	0,21
39,61	8,62	8,80	0,18
42,70	8,00	8,15	0,15
44,92	7,50	7,74	0,24
47,01	7,12	7,41	0,28
49,10	7,00	7,23	0,23
51,09	6,56	6,81	0,25
55,10	6,00	6,32	0,32
65,00	5,00	5,35	0,35
81,00	4,00	4,27	0,27
105,30	3,00	3,30	0,30
153,60	2,00	2,26	0,26
198,20	1,50	1,75	0,25

S. 42.

Es ist nun fürnehmlich die Frage: Woher die Unterschiede in der 4ten Columne entstehen. Man sieht, daß sie der Größe nach, ziemlich gleich sind, und es zeigt sich eben dadurch ein Absprung vom bloßen Drucke der Atmosphäre zur geringsten Vermehrung desselben durch Quecksilber. Der erste dieser Unterschiede ist zwar deswegen = 0, weil ich zur Berechnung der dritten Columne die Höhe der Luftsäule von 12 Zollen zum Grunde gelegt habe. Wenn nun aber in der That die Luft sich mehr als nach der Mariottischen Regel sollte zusammendrücken lassen, so hätte ich ebenfalls mehr als 12 Zoll für die anfängliche Höhe der Luftsäule zum Grunde legen sollen, da die Luft an sich schon in einem zusammengepreßten Zustande ist, der der Barometerhöhe von 29 Zollen das Gleichgewicht hält. Das will also sagen, daß schon die erste Zahl der 3ten Columne größer als die von der zweyten Columne angenommen werden müßte. Ich will demnach ganz unbestimmt dafür $12 + x$ setzen, so wird der Mariottischen Regel zufolge die zweyte Zahl der

der dritten Columne = $\frac{29,00}{29,00} \cdot (12 + x) = 11,42 + \frac{29,00}{29,00} x$ seyn, und dieses wird in der 4ten Columne den Unterschied

$$0,17 + \frac{29,00}{29,00} \cdot x.$$

geben. Und auf eben die Art findet sich für jede Zahl n der ersten Columne der Unterschied

$$\delta + \frac{29,00}{n} \cdot x.$$

wo δ die in der vierten Columne enthaltene Unterschiede vorstellt. Da nun Anfangs n sehr langsam größer wird, so bleibt auch der Ausdruck

$$\frac{29,00}{n} \cdot x.$$

für die ersten Unterschiede ziemlich einerley, und daher bleibt auch der Sprung von $\delta = 0$ auf $\delta = 0,17$ immer. Wollte man aber x groß genug annehmen, um ihn aufzuheben, so würde es nur mit den folgenden Unterschieden desto müßlicher aussehn.

§. 43.

Es ist daher ungleich ungezwungener, wenn wir andern Ursachen Raum geben. Das Quecksilber wird in die längere Röhre eingegossen. Dadurch entstehen in der kürzern Röhre Oscillationen, und mit diesen zieht sich nur allzu leicht etwas Luft zwischen die Röhre und das Quecksilber. Dadurch aber wird die Höhe der Luftsäule vermindert. Dieses scheint nun schon bey dem ersten Eingießen statt zu finden, da, wie wir aus der Tafel sehen, die Unterschiede von dem Zweyten an schon sehr merklich sind. Der Umstand, daß die Luft immer dichter wird, und daher die letzten Unterschiede, auch wenn sie den ersten ganz gleich seyn sollten, dennoch an Luft mehr austragen, und folglich zuletzt die Luft, so sich zwischen das Quecksilber und die Röhre gezogen, sehr merklich und sichtbar seyn müßte; dieser Umstand hat hier nichts auf sich, weil diese Luft ebenfalls in einen engern Raum zusammengedrückt ist, und daher zuletzt eben so wenig als Anfänge sichtbar seyn kann. Es kommt hier nicht auf die Masse, sondern auf den Raum an. Und die Unterschiede in der 4ten Columne zeigen, daß dieser Raum sich sehr wenig vergrößert, ja zuletzt eher ab als zunimmt. Auch werden die Oscillationen zuletzt nothwendig kleiner, und eben dieses macht, daß sich immer weniger Luft zwischen das Quecksilber und die Röhre zieht.

§. 44.

Daß dieser hier angegebene Grund etwas auf sich habe, und in der That der wahre sey, das haben die Versuche mit dem Barometer gelehrt, wodurch man sich überzeugt hat, daß um sie gut und correspondirend zu erhalten, das Quecksil-

ber müsse gesotten werden. Solche über dem Feuer gefüllte Barometer stehen gewöhnlich um 2 Linien höher, als andere, die nach gemeiner Art gefüllt werden. Es hat sich also aus dem Quecksilber, und besonders auch zwischen demselben und der Röhre heraus so viel Luft aufwärts in den leerseyn sollenden Raum gezogen, daß sie 2 Linien Quecksilber das Gleichgewicht halten kann. Beym Zusammenpressen kann sich also eben so viel wieder hineinziehen.

§. 45.

Ich finde daher keine Ursache, von der Mariottischen Regel abzugehen. Mariotte führt sie an drey Orten an, und zwar in seinem *Essay sur l'air*, in dem *Discours sur le mouvement des eaux* und in dem *Essay de Logique*; und jedesmal spricht er davon als von einer Sache, die man bey Anstellung des Versuches bewährt finden werde. Die eingeschlossene und zusammengepreßte Luft behält ihre Kraft viele Jahre lang unverändert. Man kann also nicht sagen, daß sie durch das Zusammenpressen schwächer werde, und deswegen sich mehr als nach der Mariottischen Regel zusammenziehe. Im Gegentheil hätte man nach der Bernoullischen Hydrodynamic eher Gründe zu glauben, daß sie sich weniger als nach dieser Regel zusammenziehe, weil bey engerm Raume das, was in der Luft Materie ist, mehr in Betrachtung kömmt, so daß es scheint, die Luft könne nicht weiter zusammengepreßt werden, als bis ihre Theilchen dicht aneinander zu liegen kommen, in welchem Fall sie aber wohl eben so dicht als Wasser werden müßte.

Zwenter Abschnitt.

Von der Kraft der Wärme in der Luft.

§. 46.

Mariottens Regel setzt voraus, daß bey seinem Versuche die Wärme der zusammengepreßten Luft einerley bleiben müsse. Dieses folgt schon aus Drebbels Erfahrung daß nemlich eine größere Wärme die Luft mehr ausdehnt, als sie bey gleichem Drucke ausgedehnt seyn würde. Nun wollte Mariotte eigentlich nur bestimmen, wie sich die Dichtigkeit der Luft gegen die zusammendrückende Kraft verhalte. Dabey mußte demnach nothwendig der Versuch bey unverändert bleibender Wärme vorgenommen werden. Auf den Grad der Wärme kömmt es hiebey nicht an. Die Hauptbedingung ist, daß er sich inzwischen nicht

andere. Und hierauf hat man bey dieser Art von Versuchen immer Acht gehabt, da der Einfluß der Wärme in die Ausdehnung der Luft von Drebbels Zeiten an, bekant war.

§. 47.

Bey solchen Versuchen findet sich nun ein doppeltes Gleichgewicht. Einmal das zwischen der Schnellkraft der Luft und der zusammendrückenden Kraft. Sodann das zwischen der ausdehnenden Kraft der Wärme und dem Gegendrucke der Luft. Dieses macht nun, daß die Kraft, womit die Wärme die Luft ausdehnt, der Kraft, womit die Luft der zusammendrückenden Kraft das Gleichgewicht hält, gleich ist. Diese letztere Kraft nennt man gewöhnlich das ausliegende Gewicht, und so kömmt auch gewöhnlich der Druck der äußern Luft mit in Betrachtung, so wie auch die Fläche, welche den Druck und Gegendruck auszuhalten hat.

§. 48.

Hieraus hat man nun längst schon folgende zween Sätze hergeleitet. Der erste ist, daß bey gleicher Wärme die Dichtigkeit, so wie die Schnellkraft der Luft in Verhältniß des ausliegenden Gewichtes ist. Das ist eben der im vorhergehenden Abschnitte betrachtete Mariott'sche Satz.

§. 49.

Der zweyte, daß bey gleicher Dichtigkeit die Kraft der Wärme in Verhältniß der Schnellkraft der Luft oder des ausliegenden Gewichtes ist. Dieser Satz folgt aus dem vorhergehendem. Denn es sey bey einem gewissen Grad der Wärme das ausliegende Gewicht = p . Es werde nun die Wärme vermehrt, so kann die Dichtigkeit nicht anders als durch ein größeres Gewicht P gleich erhalten werden, und dieses muß in Verhältniß der Dichtigkeit größer seyn (§. 48.) Die Verstärkung der Wärme macht demnach, daß sie bey gleicher Dichtigkeit der Luft einem größern Drucke das Gleichgewicht hält. Ihre Kraft hat demnach in der Verhältniß von p zu P zugenommen.

§. 50.

Dieser Satz ist nicht immer richtig genug verstanden worden, weil man daraus so gleich einen andern Satz hergeleitet hat, bey welchem die Bedingung der gleichen Dichtigkeit weglieb. Man folgerte nemlich, und zwar ganz richtig, daß bey gleichem Drucke die Kraft der Wärme in Verhältniß der

Ausdehnung oder des vergrößerten Raumes zunimmt. Denn p verhält sich zu P , wie der anfängliche Raum R zu dem durch die Wärme vergrößerten r (§. 48). Es ist aber die anfängliche Wärme zu der verstärkten eigentlich nur alsdann in Verhältniß von p zu P , wenn die Luft bey gleicher Dichtigkeit erhalten wird. Und so würde man sich sehr irren, wenn man diese Bedingung weglassen wollte. Der Beweis des Satzes gründet sich darauf, daher muß sie auch im Satze selbst verstanden werden.

§. 51.

Die Absicht dieses Satzes geht nun eigentlich nur dahin, daß man die Verhältniß der drückende Kräfte p , P , welche bey veränderter Wärme zur Behaltung der Dichtigkeit nöthig sind, durch die Verhältniß des Raumes bestimmen wollte, durch welchen sich bey einerley Gewichte p die Luft wegen der vermehrten Wärme ausdehnt. Man hat dadurch nicht nöthig die Luft immer wiederum zusammenzudrücken und das Gewicht P unmittelbar zu finden. Der Raum kann leichter gemessen werden, und dann wird P leicht bestimmt, weil man $r: R = p: P$ hat.

§. 52.

Dieses war anzumerken, um die Zweideutigkeit des erst angeführten Satzes (§. 50.) zu heben, und zwar um so mehr da derselbe dem (§. 47.) erwähnten doppelten Gleichgewichte zu widersprechen schien, und wirklich widersprechen würde, wenn man den Satz so verstehen wollte, als wenn die Wärme auch in der durch sie verdünneten Luft eine nach Maasse der Ausdehnung vermehrte Kraft behielte. Daß dieses nicht sey, folgt daraus, daß die Wärme bis ins Unendliche fortfahren würde die Luft auszudehnen. Ihre ausdehnende Kraft nimmt aber gerade deswegen ab, weil sie sich ausdehnt. Denn jede Kraft, die sich durch mehrern Raum ausbreitet, wird eben dadurch in jedem Theile schwächer. Die Ausdehnung der Luft geht demnach nur so weit, bis die Wärme schwach genug ist, um dem äußern Drucke und der Schnellkraft der Luft das Gleichgewicht zu halten.

§. 53.

Wenn wir demnach die Ausdehnung der Luft bey gleichem Drucke als das Maas der Wärme oder der Kraft der Wärme in der Luft ansehen, so verstehen wir, daß von der Kraft der Wärme in gleich dichter Luft die Rede sey. Hieben muß nun ein gewisser Grad von Dichtigkeit zum Grunde gelegt werden, und dieser ist gewissermaßen willkürlich, so lang es nur die Frage ist,

Die Grade der Wärme unter sich zu vergleichen. Eigentlich sollte es die größte mögliche Dichtigkeit seyn, so die Luft erhalten kann, und welche alsdann statt findet, wenn sie durch die Kälte zusammenfällt oder durch äußere Gewalt zusammengepreßt wird, bis ihre Theilchen dicht an einander schließen. Man kann sich hiebey die nunmehr sehr Mode gemachte fixe Luft gedenken. Die Leichtigkeit der Luft macht begreiflich, daß sie bey solcher absoluten Dichtigkeit wenig Raum einnehmen werde.

§. 54.

Wenn der Grad der Wärme, wie $1, \frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{8} \dots$ bis auf 0 abnimmt, so muß, um gleiche Dichtigkeit bezubehalten, das ausliegende Gewicht ebenfalls, wie $1, \frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{8}$ bis auf 0 abnehmen. Läßt man aber das Gewicht, so nimmt der Raum, wie $1, \frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{8} \dots$ bis auf 0 ab. Dieses muß aber nur in so fern verstanden werden, als es so zu sagen die Einförmigkeit der Regel und die Kürze des Ausdruckes erfordert. Denn ungeachtet der Raum nicht ganz $= 0$ wird, so kann er dennoch dafür angesehen werden, weil gegen 1 verglichen $\frac{1}{800}$ schon so klein ist, daß es für so viel als nichts angesehen werden kann (§. 45.)

§. 55.

Nun ist der Grad der Wärme $= 0$, eigentlich das, was man eine absolute Kälte nennen kann. Folglich ist bey der absoluten Kälte der Raum der Luft $= 0$, oder so viel als 0 . Das will also sagen: In der absoluten Kälte fällt die Luft so dicht zusammen, bis sich ihre Theilchen durchaus berühren, oder bis sie, so zu reden, wasserdicht wird. Die Ausdehnung der Luft rührt also eigentlich von der Wärme her.

§. 56.

Amontons ist, so viel ich weiß, der erste, der dieses eingesehen, und gleich im Anfange des gegenwärtigen Jahrhunderts der K. Akademie der Wissenschaften zu Paris vordemonstrirer hat. Eine Erfindung, darauf er sich, meines Erachtens, recht viel zu Gute halten konnte, und die vielleicht deswegen, weil sie zu schön und sehr wahr ist, Ungläubige vor sich fand. Amontons machte eine an sich sehr brauchbare Anwendung davon auf das von ihm verbesserte und zugleich auch wissenschaftlich berichtigte Drebbelsche Thermometer. Er konnte aber während seinen Lebzeiten (die nur noch einige Jahre dauerten) von *La Hire* nicht erhalten, daß dieser sein lange gebrauchtes Thermometer mit dem Amontonschen vergliche. Zwar wurde ein Amontonsches auf die Pariser Sternwarte gestellt. Man hängt es aber so gleich in einem andern Saale auf, gerade, als wenn alle Vergleichung sorgfältig vermieden werden sollte. Diese

Vergleichung gieng erst einige Jahre nach Amontons Tode vor, und zwar so nachlässig als es immer seyn konnte. Nämlich Amontons Thermometer führte eine verständliche Sprache. Und das war eben, was *La Hire* dem seinigen nicht geben wollte, oder schon deswegen für überflüssig hielt, weil er an demselben glaubte zweien feste Punkte, nemlich den von der Temperatur im Keller der Sternwarte, und den von der Kälte der Luft in dem offenen Saale der Sternwarte zur Zeit, wenn es auf dem Felde frieret, bemerkt zu haben. Eine Bemerkung, die er alle Jahre aufs Neue der Akademie vorlas, wenn er von seinen Wetterbeobachtungen Bericht erstatte. Das war nun eben nicht das Mittel, die Wissenschaften mit vereinigten Kräften zu erweitern.

Dritter Abschnitt.

Das Drebbelsche Thermometer, nebst dessen Abänderungen.

S. 57.

Ich werde nur die gewöhnlichsten Arten des Drebbelschen Thermometers vornehmen. Die einfachste und vermuthlich die älteste Art ist die, so in der Fig. 1. Figur vorgestellt wird. Man gießt in ein Gefäßchen B Wasser, Weingeist oder eine andere flüssige Materie. Sodann nimmt man eine gläserne Röhre B C, woran oben eine Kugel geblasen worden. Man erwärmt die Kugel mit der Hand oder am Feuer oder irgend auf eine beliebige Art, bis ein Theil Luft durch die Wärme herausgetrieben worden. Alsdann stellt man behende, die in B offene Röhre in die flüssige Materie. Der Erfolg ist, daß, indem die Kugel wieder erkaltet, die Luft in derselben sich zusammenzieht. Da nun durch das Erkälten die ausdehnende Kraft geringer wird, so vermag der Druck der äußern Luft, daß die flüssige Materie in die Röhre steigt, bis sie eine Höhe C erreicht hat, wo sie sodann stehen bleibt, so lange die Luft in der Kugel gleiche Wärme, die äußere Luft aber gleichen Druck erhält. Die Höhe B C wird desto größer seyn, je mehr die Kugel erwärmt worden. Wird sie zu viel erwärmt, so steigt das Wasser oder die flüssige Materie bis in die Kugel hinauf, und dieses muß vermieden werden. Im Gegentheile steigt sie nicht hoch genug, wenn die Kugel zu wenig ist erwärmt worden. Man sieht auch ohne Mühe, daß es auch viel auf ein behöriges Verhältniß zwischen der Länge und innern Weite der Röhre, wie auch der Größe der Kugel ankommt. Dieses überließ man der Geschicklichkeit der Künstler durch das ganze vorige Jahrhundert durch. Einige mögen es, wie bereits oben (S. 26.) erwähnt worden, ziemlich gut getroffen haben. Allein es war nichts methodisches dabey. Die mei-

Das Drebbelsche Thermometer, nebst dessen Abänderungen. 31

sten aber verfahren nachlässig und eilfertig, und fehlten dabey noch destomehr, daß sie die Stufenleiter drucken ließen, und sie bey allen Thermometern gebrauchten, so verschieden auch erstbemeldte Verhältnisse seyn mogten. Und da sie in Ansehung der Florentinischen Thermometer eben so verfahren, so vermehrten sich natürlicherweise die Klägden über die Ungleichheit der Thermometer und ihrer Grade.

§. 58.

Man fand bald, daß, wenn Wasser hiezu gebraucht wurde, es in der Kälte frieret, und daß so wohl Wasser als Weingeist und andere flüssige Materien in dem Gefäßchen B nach und nach austrocknen, und daher wieder zugegossen werden müßte. Man gab um das Ausdünsten so viel möglich zu hindern, den Rath auf die Oberfläche etwas Del zu gießen. Leupold gebrauchte eine Mischung von $\frac{1}{4}$ Scheidwasser, 1 Theil Weinessig und 2 Theilen Wasser, wobey das Scheidwasser mit Kupfer grün oder mit Silber blau gefärbt wird. Man verfiel auch darauf, statt solcher wässerichten Materien, Quecksilber zu nehmen, wobey jedoch, wegen der sehr großen Schwere des Quecksilbers der Erfolg merklich verschieden war. Endlich sieht man ohne Mühe, daß solche Thermometer nicht wohl konnten herumgetragen werden, und daß das beste war, wenn man sie an dem Orte, wo sie einmal waren, stehen ließ.

§. 59.

Dieser Mangel unerachtet, wird es nicht undienlich seyn, wenn wir Zahl und Maas dabey genauer bestimmen. Das erstere was in dieser Absicht vorzunehmen ist, betrifft die Ausmessung der Kugel und der Röhre, und ihre Auswahl. Die Röhre ist am besten, wenn sie durchaus von gleicher Weite, dennoch genau cylindrisch ist. Denn eine ungleiche Röhre müßte erst durch Rechnung auf eine gleiche reducirt, und die an derselben anzubringende Stufenleiter in ungleiche Theile getheilt werden. Man läßt daher, um die Röhre zu prüfen, einen Theil Quecksilber in die Röhre, welches mittelst der Erwärmung und Wiedererkältung der Kugel leicht geschehen kann. Durch die verschiedene Neigung der Röhre erhält man sodann leicht, daß sich das Quecksilber in der Kugel hin und her zieht, und wo man will, stehen bleibt. Dadurch kann man sich versichern, ob es in der Röhre in allen Entfernungen von der Kugel gleiche Länge behält. Dieses findet nothwendig statt, wenn die Röhre durchaus gleich weit ist. Man hat also hiedurch ein leichtes Mittel sich hievon zu versichern. Läßt man sich Röhren auf Glashütten ziehen, so sind gewöhnlich die Mittelstücke die gleichförmigsten. Es ist auch rathsam, daß das Quecksilber in der Röhre, wenigstens einen Zoll Länge habe, weil, wenn man bey Ausmessung der Länge um etwas fehlt, der Fehler desto weniger austrägt, je länger das in die Röhre gelassene Quecksilber ist.

§. 60.

Hat man sich von der Güte der Röhre versichert, so wird sie gewogen, und zwar sehr genau. Man füllt sodann die Kugel mit Quecksilber bis an einen Punct der Röhre D, den man bezeichnet. Alsdann wird alles wiederum gewogen, zieht man von diesem Gewichte das von dem Glase ab, so erhält man das Gewicht vom Quecksilber. Endlich wird auch die Röhre mit Quecksilber ganz oder bis an einen bey dem Ende B gezeichneten Punct angefüllt. Und alles nochmals gewogen, zieht man von diesem Gewichte ein jedes der beyden vorhergehenden ab, so findet man, wie viel in allem Quecksilber eingegossen worden, und wie viel besonders zwischen den Puncten B, D in der Röhre ist. Beym Füllen muß man wohl zusehen, daß sich nicht etwa mit dem Quecksilber Luft hineinzieht. Wer am genauesten verfahren will, läßt das Quecksilber sieden, sowohl wenn die Kugel als auch wenn nachher die Röhre gefüllt wird. Das Füllen geschieht mit gläsernen, besonders dazu gemachten Trichtern. Sind diese zu kurz, so kann man die Arbeit erleichtern, wenn man einen feinen eisernen Drath in die Röhre schiebt, weil das Quecksilber zwischen dem Drath und der Röhre herunter läuft, und zugleich der Luft gestattet sich herauf zu ziehen.

§. 61.

Nun ist das gefundene Gewicht des Quecksilbers, dem Raum, den es einnimmt, genau proportional, und man kann, wenn man es zu wissen verlangt, die Größe des Raumes, sowohl in der Kugel als in der Röhre, in Cubic: Zollen und Linien finden, wenn man das Gewicht eines Cubic: Zolles von Quecksilber weiß. Es versteht sich, daß man hiebey auf die Verschiedenheit des Gewichtes und Zollmaasses Rücksicht nehmen müsse. Da es aber hiebey nur auf das Verhältniß ankommt, so kann man es bey dem Gewichte bewenden lassen.

§. 62.

Wenn nun Wasser oder Weingeist genommen wird, und die Röhre B D ist höchstens etwa einen Fuß lang, so hat man auf die Verschiedenheit des Druckes der Columnne B C, wenn sie steigt oder fällt, nicht viel zu achten, um die Verhältniß der Röhre zur Kugel zu bestimmen, weil der Druck der äußern Luft 33 bis 38mal größer ist. Soll demnach das Thermometer nur zu Wetterbeobachtungen dienen, so ist es genug, wenn die Kugel 4mal mehr Raum enthält, als die Röhre. Denn ich habe gefunden, daß wenn in der Kälte des frierenden Wassers der Raum der Luft = 1000 ist, sodann eben dieser Raum in der Kälte von Schnee, welcher mit fast eben so viel Küchensalz vermischt worden, sich auf 918 vermindert, und hingegen bey dem Grad der Wärme des Leibes sich bis auf 1130 erweitert. Die-
sen

sen Grad der Wärme erreicht die Luft am Schatten in Europa wohl nie. Und eben so selten geschieht es wenigstens in unsern Gegenden, daß sie die Kälte des gesalznen Schnees erreichen sollte. Nun ist 918 zu 1130 ungefähr wie 4 zu 5. Wenn demnach der Raum der Röhre ein $\frac{1}{4}$ von dem Raume der Kugel ist, so wird das Wasser oder die flüssige Materie bey der strengsten Winterkälte sehr nahe bis an die Kugel steigen, und hingegen bey der größten Sommerhitze sehr nahe bis an das Gefäßchen B herunter sinken. Die Röhre kann noch etwas enger seyn, theils wegen des Druckes der Columne C B, theils wegen des veränderlichen Druckes der äußern Luft.

§. 63.

Wenn die Kugel erst noch soll geblasen werden, so kann man die Röhre mit Quecksilber füllen, so daß es zwischen zween an beyden Enden gezeichneten Punkten stehe. Aus dem Gewichte des Quecksilbers kann sodann der Raum der Röhre berechnet werden. Dieser Raum vierfach genommen, wird den Raum der Kugel angeben, und aus diesem läßt sich dann der innere Diameter der Kugel finden, die man sodann nach dieser Größe blasen läßt, oder unter mehrern bereits geblasenen ausucht und an die Röhre anschmelzen läßt, oder es selbst thut, wenn man damit umzugehen weiß.

§. 64.

Man gedenke sich nun neben der Röhre zwo Linien E G, F H, die die von der Höhe der Oberfläche B an gerade anwärts gehen. Die Länge der erstern F H soll die von einer gleich weiten Röhre seyn, welche so viel Raum enthalte, als die Röhre B D und die Kugel A zusammengenommen. Die Länge der andern Linie E G soll der Höhe einer Columne der flüssigen Materie gleich seyn, welche dem Drucke der äußern Luft, bey einer gegebenen Barometerhöhe das Gleichgewicht halte. E G wird also dieser Barometerhöhe gleich seyn, wenn man zu dem Instrument Quecksilber gebraucht. Hingegen wird E G 14 oder 16mal mehr betragen, wenn Wasser oder Weingeist genommen wird, weil diese Materien so vielmal leichter sind als Quecksilber. Indessen ist es gut, wenn man das wahre Verhältniß genau bestimmt. Es versteht sich, daß das E G sich allemal in Verhältniß der Barometerhöhe ändert.

§. 65.

Steht nun die flüssige Materie in der Röhre bey C, und man zieht M C N horizontal, so stellt N H den Raum der Luft in dem Thermometer, M G aber ihre Schnellkraft vor. Denn der Druck der äußern Luft ist E G; diesem wirkt aber die Columne C B entgegen, folglich bleibt eigentlich nur noch M G, welches dem

E

34 Das Drebbelsche Thermometer, nebst dessen Abänderungen.

nach das Maas der Kraft ist, womit die Luft in dem Thermometer gedrückt wird. Diesem Drucke aber ist die Schnellkraft der Luft im Thermometer gleich.

§. 66.

Die Wärme, oder die Kraft derselben in der Luft, ändert sich aber so wohl in Verhältniß von N H, als in Verhältniß von M G. Denn bey gleicher Dichtigkeit ist sie in Verhältniß der drückenden Kraft, (§. 49.) bleibt demnach N H unverändert, so bleibt es auch die Dichtigkeit, folglich ist alsdann die Wärme in Verhältniß von M G. Bleibt hingegen M G beständig, und N H ändert sich, so verändert sich bey gleichem äußern Drucke der Raum der Luft im Thermometer, und mit demselben zugleich auch ihre Dichtigkeit. Da nun die Wärme durch ihre Kraft in einer Luft von bestimmter Dichtigkeit ausgedrückt werden muß, (§. 53.) und dann der Ausdehnung proportional gesetzt werden kann, (§. 50.) so folgt auch, daß die Wärme in Verhältniß von N H ist. Demnach ist sie in Verhältniß des Productes M G. N H.

§. 67.

Es kömmt demnach darauf an, daß dieses Product für einen besondern Fall bestimmt werde, wo nemlich sowohl die Schwere der Luft als die Wärme einen bestimmten Grad hat. Hiezu kann die mittlere Barometerhöhe am Meere, oder die von 28 Pariser Zollen oder 336 Linien angenommen werden. Und da man gefunden, daß der Grad der Kälte des frierenden Wassers ein sehr bestimmter Grad ist, so wird es gleichfalls gut seyn, wenn dieser zum Grunde gelegt wird.

§. 68.

Es sey nun, die zu dem Instrument gebrauchte flüssige Materie n mal leichter als Quecksilber, so wird eine Columne von 336 n Linien der Columne Quecksilber von 336 Linien das Gleichgewicht halten. Und so muß für eine beliebige Barometerhöhe 336 + b Linien, E G = (336 + b) n Linien gesetzt werden. Die Länge F H werde durch a Linien angedeutet, und die Höhe B C sey = e, wenn b = 0, und die Kälte des frierenden Wassers in der Luft statt findet, deren Wärme wir = 1000 setzen wollen. In andern Fällen sey sie = e - ε, wo nemlich die Barometerhöhe = 336 + b, und die Wärme c statt findet. Unter diesen Voraussetzungen haben wir

$(336 n - e) (a - e) : (336 n + b n - e + \epsilon), (a - e + \epsilon) = 1000; c$
folglich

$$\frac{c}{1000} = \frac{336 n + b n - e + \epsilon}{336 n - e} \cdot \frac{a - e + \epsilon}{a - e}$$

oder

$$\frac{c}{1000} = \left(1 + \frac{bn + e}{336n - e}\right) \cdot \left(1 + \frac{e}{a - e}\right)$$

Hier sind nun b und e veränderliche Größen. Man sieht demnach, daß so lange e sich nicht verändert, c mit b in arithmetischer Progression ab- und zunimmt, und daß hingegen, wenn b beständig bleibt, c sowohl nach e als nach e sich verändert.

S. 69.

Ich hatte mir bereits 1751 im Julio ein solches Thermometer mit Quecksilber gemacht, um seinen Gang sowohl mit dem Barometer als andern Thermometern zu vergleichen. Dermalen habe ich nur noch die Stufenleiter, und die damit etliche Jahre fortgesetzten Beobachtungen. Im Februar 1769 versfertigte ich ein anderes, wovon ich die Maße und Berechnung angeben werde. Der Diameter der Kugel beträgt $9\frac{1}{2}$ Linien Pariser Maß, und die Kugel fassete 1238 Gran Quecksilber Berliner Gewicht. Die Röhre war 115 Linien lang, und fassete 105 Gran Quecksilber. Die Länge von 9 Zoll enthielt 102 Gran. Wenn demnach statt der Kugel eine Röhre von gleicher Weite und gleichem Raume wäre, so würde sie 1311 Linien Länge haben. Werden hierzu noch die 115 Linien addirt, so wird die ganze Länge 1426 Linien betragen. Hievon gehen 4 Linien ab, so tief nemlich die Röhre bey B im Quecksilber stehet, und damit ist $FH = 1422$ Linien. Da nun ebenfalls $BD = 115 - 4 = 111$ Linien ist, so findet sich $FH:FK = 1422:111 = 12,81:1$. Ich stellte nun die Kugel in kochend Wasser, um die Luft herauszutreiben, und als dieses geschehen, stellte ich behende das Ende der Röhre B in das Quecksilber, welches sich sodann bey dem Wiedererkälten der Kugel bis auf die Höhe BC von 5 Zollen hinaufzog. Da nun hier $n = 1$, $a = 1422$ Linien ist, so verwandelt sich die Formel in

$$(336 - e) \cdot (1422 - e) : (336 + b - e + e) \cdot (1422 - e + e) = 1000 : c$$

Den 24sten Februar 1769 hatte die Luft vor dem Fenster die Kälte des frierenden Wassers. Ich stellte demnach das Instrument hin, und sahe durch das Fenster, daß das Quecksilber bey 63 Linien stand. Das Barometer aber stand bey 27 Zoll 8 Linien = 332 Linien. Es ist demnach für diesen Fall $b = -4$, $e - e = 63$, $c = 1000$. Demnach

$$(336 - e) \cdot (1422 - e) = (336 - 4 - 63) \cdot (1422 - 63)$$

Hieraus findet sich $e = 68,9$ oder, eine runde Zahl genommen, $e = 69$ Linien, und so erhält man

36 Das Drebbelsche Thermometer, nebst dessen Abänderungen.

$$\frac{c}{1000} = \left(1 + \frac{b + \varepsilon}{267}\right) \left(1 + \frac{\varepsilon}{1353}\right)$$

Mitteltst dieser Formel konnten nun die Grade der Wärme bestimmt werden. Z. E. 1770, den 24sten August, war einer der wärmsten Tage. Das Barometer stand bey $28'' . 2''' = 338'''$, folglich $b = 2'''$. Und das Instrument gab $e - \varepsilon = 44,5$ Linien. Damit fand sich $c = 1121$. Wiederum 1772, den 28sten Jun. bey gleich warmen Wetter, war $b = 1'''$, $e - \varepsilon = 43$. Dieses giebt $c = 1122$. Hingegen 1776, dem 27sten Jenner in der damaligen strengen Kälte, die jedoch bereits ein wenig nachgelassen hatte, fand ich $b = 4'' . 5$, $e - \varepsilon = 83'''$. Dieses giebt $c = 942$. Um mir übrigens die Mühe zu ersparen, eine jede Beobachtung besonders nachzurechnen, verzeichnete ich mir eine besonders hiezu dienende Stufenleiter mit schräge laufenden Linien, wodurch so wohl für $b = + 12'''$ als $b = - 12'''$, und die Werthe von $c = 800, 850, 900, \dots, 1200$, die Werthe von $e - \varepsilon$, und dann hinwiederum aus diesen jene, ohne ferneres Rechnen gefunden werden konnten. Uebrigens hat Leupold schon angetmerkt, daß das Quecksilber in diesen Thermometern sich etwas mühsam bewegt, so wie es auch in Barometern geschieht, wenn die Röhre enge ist. Man kann ihm aber durch das Neigen des Instrumentes oder durch eine geringe Erschütterung leicht nachhelfen. Uebrigens nimmt es die Veränderungen der Wärme und Kälte sehr schnell an.

§. 70.

Wenn man dieses Instrument neiget, so steigt das Quecksilber in der Röhre. Man nenne φ den Winkel, den die Röhre sodann mit der Verticallinie macht, und x die Länge des Quecksilbers in der Röhre von der Oberfläche B an gerechnet; so wird bey gleicher Wärme überhaupt

$$(336n + bn - x \cos\varphi) \cdot (a - x) = (336n + bn - e + \varepsilon) \cdot (a - e + \varepsilon)$$

seyn, wo für Quecksilber $n = 1$ gesetzt wird, welches dann

$$(336 + b - x \cos\varphi) \cdot (a - x) = (336 + b - e + \varepsilon) \cdot (a - e + \varepsilon)$$

giebt. Wird nun $x, \varphi, b, e, \varepsilon$ durch Versuche bestimmt, so kann mittelst dieser Gleichung a gefunden werden. Doch ist dieses Verfahren etwas mißlich, weil man, so zu sagen, aus dem Kleinen aufs Große schließt. Man hat auch den Anschlag gegeben, die Röhre bey D schief zu biegen oder sie vollends horizontal zu legen. Die Bewegung des Quecksilbers in der Röhre wird aber dadurch noch mehr träge gemacht.

§. 71.

Figur. 2. Nach dieser ersten und einfachsten Gestalt des Drebbelschen Thermometers hat man demselben verschiedene andere gegeben, wovon wiederum die einfach-

sten Arten in der 2ten und 3ten Figur vorgestellt werden. Die 2te ist von der ersten nur darinn verschieden, daß das Gefäßchen B an der Röhre selbst ist. Es wird demselben oben in D eine kleine Oefnung gelassen, damit nicht an zwey Orten, nemlich in A und B eingeschlossene Luft sey. Die Berechnung ist von der über die erste Figur angestellten in nichts verschieden.

S. 72.

Hingegen äußert sich ein Unterschied bey der 3ten Figur. Hier ist die 3. Figur. Kugel unten, und die Röhre oben in D offen. Die in A eingeschlossene Luft hält demnach nicht nur den Druck der äußern Luft, sondern auch den von der flüssigen Materie in E C auf. Hier wird, wie vorhin (S. 60.) die Verhältniß des Raumes der Röhre zum Raume der Kugel bestimmt. Man kann sodann in D ein Trichterchen von Papier befestigen, welches außen um die Röhre herum dicht an dieselbe sich anschließet. Auch kann es allenfalls mit Wachse oder Sigellack daran befestigt werden. Man stellt sodann die Röhre aufrecht, und gießt Quecksilber in das Trichterchen: so wird dieses mehrentheils von selbst oder durch geringes Erschüttern in die Röhre herunterlaufen, folglich die Luft zusammendrücken, und selbst die Kugel zum Theile anfüllen, und zwar desto mehr je höher die Röhre ist. Man bestimmt sodann theils aus dem Verhältniß der Räume, theils aus der Höhe, E D, welches der Grad der Wärme seyn soll, die das Quecksilber bis in D hinauf treiben soll. Ich habe mir 1776, als ich ein solches Instrument machte, die Hitze des siedenden Wassers dazu gewählt. In dieses stellte ich die Kugel, hielt die Röhre gerade aufgerichtet, und ließ oben so viel Quecksilber auslaufen, als die Hitze des siedenden Wassers austreiben konnte. Das ausgelaufene Quecksilber sammelte ich mittelst einer leicht zu gedenkenden Vorrichtung. Als nichts mehr auslaufen wollte, hob ich das Glas sachte aus dem Wasser, damit nicht durch Schwankung mehr Quecksilber auslief. Es senkte sich hierauf bald bis an den Ort, wo es mit der erkältenden Luft in der Kugel im Gleichgewicht stand. Ich bemerkte dabey die Barometerhöhe, theils wegen des Druckes der äußern Luft, theils wegen des eigentlichen Grades der Wärme des siedenden Wassers, weil nach den von Fahrenheit zuerst angestellten Versuchen, dieser Grad sich nach der Höhe des Barometerers richtet. Man kann eben so, statt der Hitze des siedenden Wassers, andere so wohl größere als kleinere Grade der Wärme wählen. Nur muß der Grad nicht so groß seyn, daß das Quecksilber zu sieden anfange. Auch muß währendes Versuches der gewählte Grad beständig einerley bleiben, damit alle Osillationen des Quecksilbers vermieden werden. Nach Vollendung der Arbeit, wird das Instrument gewogen, um zu finden, wie viel nun Quecksilber darinn ist. Wie viel davon in der Röhre F E C ist, kann durch Rechnung gefunden werden. Und dann ergiebt sich auch, wie viel in der Kugel ist, und hieraus ferner, wel-

chen Raum die Luft in der Kugel einnimmt. Da diese Luft vor dem Füllen, sowohl die Kugel, als die Röhre anfüllte, so ergiebt sich hieraus, wie viel sie verdichtet worden. Und man kann sodann sehen, ob die Verhältniß mit dem von dem Druck der äußern Luft und in der Quecksilbersäule EC zu dem Druck der äußern Luft allein, gleich ist, wie es eigentlich seyn soll, wenn inzwischen weder die Schwere noch die Wärme der äußern Luft sich verändert hat.

§. 73.

Amontons war der erste, der auf die Sätze (§. 48, 49, 50.) verfiel, und dadurch in Stand gesetzt war, ein solches Thermometer auf eine wissenschaftliche Art zu verfertigen. Er gab der Röhre von E bis B eine Länge von ungefähr 48 Zollen, und füllte sie dergestalt mit Quecksilber, daß wenn die Kugel A in siedend Wasser gesetzt wurde, die Luft darinn einen Druck von 73 Zoll Quecksilbers (den Druck der äußern Luft miteingerechnet) aushalten konnte. Da alle seine Thermometer dieser Bedingung Genügen leisten sollten, so gebrauchte er beim Füllen ein besonderes Verfahren, welches man in den Memoires der Pariser Academie 1702, von ihm beschrieben findet. Es ist aber die Bedingung gar nicht notwendig, weil man viel leichter die Stufenleiter nach dem Instrumente als dieses nach jener einrichtet, und weil, seitdem man die Ausdehnung der Luft in verschiedenen bestimmten Graden der Wärme genauer kennen gelernt hat, die Verhältniß der Kugel zur Röhre, nach Verschiedenheit der Absichten voraus durch Rechnung bestimmt werden kann. Ich finde auch, daß Poleni, Crucquius, und andere, die sich Amontonsche Thermometer verfertigten, sich an diese Bedingung nicht so genaue hielten.

§. 74.

Bei diesem Thermometer wird zu der Höhe EC , die von dem Barometer allemal addirt. Damit erhält man das Maas der Kraft, womit die Luft in A zusammengedrückt wird. Die Ausdehnung der Luft wird durch das Steigen und Fallen des Quecksilbers in C bestimmt. Man nimmt hiebei eine etwas große Kugel, damit, wenn das Quecksilber in C steigt und fällt, die Höhe der Oberfläche in B sich nur unmerklich ändert. Die Röhre wird ebenfalls hoch genug angenommen, damit die Oberfläche B näher gegen den Mittelpunct komme, und eben dadurch desto breiter werde. Dieses vorausgesetzt, kann die Menge Quecksilbers in dem Theil der Röhre FE als beständig angesehen, und die Höhe EC von E an, als von einem beständigen Punct gezählt werden. Widrigensfalls ist FE veränderlich, und die in E D anzubringende Stufenleiter müßte auf- und

niedergeschoben werden können, oder über die veränderliche Höhe des Puncts E Rechnung geführt werden.

§. 75.

Man gedanke sich nun eine Röhre von gleicher Weite, die eben so viel Raum enthalte als die Kugel. Die Länge dieser Röhre sey = a Linien. Die Länge der Röhre F E D = b Linien. Es versteht sich, daß sie durchaus gleich weit seyn muß, damit die Theile ihres Raumes durch die Länge dieser Theile vorgestellt werden könne. Die Länge F E sey = e, E C = x. Das Quecksilber fülle eine Länge = q aus. Die Barometerhöhe sey = B, und die Wärme = c. Dieses vorausgesetzt ist B + x der Druck, den die Luft in A aushält. Ferner ist q - e - x der Raum des Quecksilbers in der Röhre, folglich a - q + e + x der Raum der Luft in der Röhre. Nun ist die Wärme in Verhältniß, sowohl dieses Raumes als des Druckes. Nimmt man demnach m als einen Coefficienten an, so ist

$$m c = (B + x) \cdot (a - q + e + x)$$

§. 76.

Amontons sagt nun, seine Kugel habe einen Durchmesser von 39 Linien. Die Röhre aber sey im Lichten $\frac{1}{2}$ Linie weit. Der Diameter der Kugel war demnach 78mal größer, als der von der Röhre. Die Kugel enthielt folglich $\frac{4}{3} \cdot 78^3 = 316369$ mal mehr Raum als eine $\frac{1}{2}$ Linie langes Stück der Röhre, folglich so viel Raum als eine 13182 Zoll lange Röhre. Man sieht leicht, daß wenn auch ein ziemlicher Theil der Kugel mit Quecksilber angefüllt wäre, der Raum der Luft dennoch so groß bleibt, daß die ganze Höhe E C = x dagegen für nichts zu achten, und demnach ohne merklichen Fehler

$$m c = (B + x) \cdot (a - q + e)$$

gesetzt werden kann, folglich die Wärme der Höhe des Druckes proportional bleibt.

§. 77.

Dieses ist nun der Grund, warum Amontons die Grade der Wärme durch die Höhe B + x ausdrückt, und in Zollen angiebt. Da nun seine ganze Eintheilung dadurch sehr willkürlich wird, wenn man die Thermometer nicht gerade nach seiner Vorschrift machet, und es ungleich dienlicher ist, den Grad der Kälte des frierenden Wassers auf 1000 zu setzen, den Amontons auf $51\frac{1}{2}$ Zoll setzt, so werde ich die Reduction vornehmen, und diejenigen Beobachtungen hier anführen, die er mit seinem Thermometer unmittelbar gemacht hat. Man findet

40 Das Drebbelsche Thermometer, nebst dessen Abänderungen.

bey ihm noch andere Beobachtungen, die er aber, und zwar auf eine sehr unrichtige Art, auf Grade seines Thermometers reducirt hatte, und die folglich nicht hieher gehören. Ich werde hier ein für allemal erinnern, daß, wenn ich von Graden des Luftthermometers spreche, allemal solche verstehe, wo der Grad der Kälte des frierenden Wassers 1000 ist. Dieses habe ich auch bereits schon im vorhergehenden gethan. (§. 62. 68. 69.) Diese Grade sind zugleich auch die absoluten Grade der Wärme, sofern man dadurch die Kraft der Wärme in Luft von bestimmter Dichtigkeit versteht. (§. 49. 53.) Hier folgen nun Amontons Beobachtungen:

§. 78.

Zolle des Amontonschen Thermometers.	Grade des Luftthermometers.	
51". 6'''	1000	frierend Wasser.
54. 0	1049	Im Keller der Pariser Sternwarte.
54. 4	1055	
58. 2	1129	Wärme der Hand in mäßiger Sommer-Luft, von verschiedenen Personen.
58. 9	1141	
55. 9	1082	Wärme der Luft, zur Zeit, da diese Wärme der Hände beobachtet worden.
59. 9	1160	schmelzende Butter.
61. 10	1201	schmelzend Unschlit.
64. 2	1246	gerinnend Wachs.
67. 3	1306	ein 10 bis 12 Gran schweres Stückchen Wachs ist ganz geschmolzen.
58. 5	1134	temperirt scheinendes Wasser.
73. 0	1417	siedend Wasser.
54. 0	1049	temperirte Luft.

Ueber diese Tafel ist anzumerken, daß alle Grade des Luftthermometers von dem ersten abhängen, weil dieser zum Grunde gelegt worden. Was Amontons temperirte Luft nennt, ist die vom Keller der Parisischen Sternwarte, die sich von Winter zum Sommer fast gar nicht ändert. Sie scheint im Sommer kühl, im Winter warm zu seyn. Und dieses zeigt an sich schon, daß, was wir nach unserer Empfindung temperirt oder gemäßigte Wärme nennen, sich merklich nach
der

Das Drebbelsche Thermometer, nebst dessen Abänderungen. 41

der Jahreszeit ändert. Dieses ist nun auch von dem zu verstehen, was Amontons temperirt Wasser nennt. Von seinen beyden Angaben des schmelzenden und gerinnenden Wachses ist letztere zuverlässiger. Denn wenn das Wachs einmal geschmolzen ist, so lassen sich die fernere Grade der Wärme durch den bloßen Anblick nicht mehr erkennen. Wenn es hingegen wieder erkaltet, so ist die Wärme, woben es seine glänzende Oberfläche und Durchsichtigkeit verliert, ein sehr bestimmter Grad von Wärme. Nur muß man ein Stückchen Wachs nehmen, das kaum eine Linse groß ist, weil größere Stücke nur nach und nach ihre Durchsichtigkeit verlieren. Ich habe den Versuch mit weißem und gelbem Wachs Winters und Sommers angestellt, und an gleichem Thermometer immer einerley Grad der Wärme gefunden. Gelb Wachs ist besser zu gebrauchen, weil es erst bey dem Gerinnen die Farbe wieder zeigt. Der Versuch mit schmelzender Butter und Unschlit ist etwas mißlich. Das Unschlit verliert seine glänzende Oberfläche erst, nachdem es schon eine Zeitlang geronnen und merklich kälter geworden. Es bleibt bey der Bestimmung des wahren Grades der Wärme eine Ungewißheit, und eben so auch in Ansehung der Butter. Was die Grade von der Wärme der Hand betrifft, so hat Amontons den Versuch mit mehreren Personen gemacht, und nebst dem Grad des Thermometers auch die Anzahl der Pulschläge in einer Minute angemerkt. Diese fand sich von 56 bis 80, verschieden, ohne daß die Unterschiede mit der Wärme anwuchsen.

Amontons Thermome- ter.	Luftthermo- meter.	Pulschläge
58". 2'''	1, 129	68.
58. 5	1, 134	60, 70.
58. 6	1, 136	70, 80.
58. 7	1, 138	56, 74.
58. 9	1, 141	66.

§. 79.

Es sind mit den Amontonschen Thermometern und überhaupt mit Luftthermo-
metern weniger Beobachtungen angestellt worden als mit andern Thermometern.
Crucquius zu Spaardam, hat ein solches in den Jahren 1720—1723 zu Wet-
terbeobachtungen gebraucht, die er in den englischen *Philosop. Transact.* No. 381.
auszugsweise bekannt gemacht hat. Bey seinem Thermometer ist 1070 der Grad
des frierenden, und 1510 der Grad des siedenden Wassers. Diese Grade stellen
die Ausdehnung der Luft durch die Wärme bey gleichem Drucke, oder die

42 Das Drebbelsche Thermometer, nebst dessen Abänderungen.

Kraft der Wärme bey gleicher Dichtigkeit vor. Sie sind demnach den Grad den des Luftthermometers, die ich fernerhin beständig gebrauchen werde, proportional, so daß der Grad. des siedenden Wassers = $\frac{1}{107} \cdot 1000 = 1411$ wird. Erucquius giebt die wahren mittlern Grade, (die nemlich nicht das Mittel zwischen den äußersten, sondern das Mittel aus allen sind) für jeden Monat der 4 Jahre von 1720 — 1723, an Das Mittel von diesen 4 Jahren ist für jeden Monat, wie folgt.

Erucquius.	Lufttherm.	Monat.	Erucquius.	Lufttherm.	Monat.
1083	1012	Jenner.	1137	1063	Heumonat.
1085	1014	Hornung.	1140	1065	August.
1090	1019	März	1130	1056	Herbstmonat.
1108	1035	April.	1114	1041	Weinmonat.
1122	1049	May.	1099	1027	Wintermonat.
1134	1060	Brachmonat.	1090	1019	Christmonat.

§. 80.

Poleni gebrauchte zu seinen 40 Jahre lang fortgesetzten Wetterbeobachtungen ein Amontonsches Thermometer, bey welchem er den Druck in Londonischen Zollen und deren Decimaltheilern bestimmte. Er fand denselben für frierend Wasser von 47,30 Zollen, für siedend Wasser von 63,10, folglich genau $\frac{1}{3}$ größer. Dieses scheint aber zu wenig zu seyn. Ob das Wasser nicht stark genug kochete, oder Poleni, nur Kürze halber, die Verhältniß von 3 zu 4 angenommen, mag hier dahin gestellt bleiben. Die 47,30 Zoll Druck für die Kälte des frierenden Wassers sind schon hinreichend sein Thermometer auf das 1000theilige Luftthermometer zu reduciren, wenn wenigstens die Kugel groß genug war, um die Wärme dem Drucke proportional setzen zu können (S. 76. 77.) Seine Beobachtungen werden dormalen von Herrn Coaldo zu Padua bereits gut genüßt. Ich begnüge mich folgende Grade herzusetzen:

Poleni.	Luftthermo- meter.	
47, 30	1000	frierend Wasser.
49, 90	1056	mittlere Nachmittagswärme zu Padua.
52, 54	1118	1728, den 22sten Brachmon.
46, 68	987	1758, den 27sten Jenner.

Diese in 40 Jahren beobachtete größte Hitze und größte Kälte ist sehr mäßig. Es hieng aber auch das Thermometer in einem Zimmer, und konnte demnach den Zustand der äußern Luft nicht anzeigen.

§. 81.

Ich werde nun noch umständlicher angeben, wie ich die Eintheilung und 3. Figur: Berechnung des bereits vorhin (§. 72.) erwähnten Thermometers vorgenommen. Ich brauchte dazu Berliner Gewicht und Pariser Maas, weil ich dieses letztere auch bey dem Barometer gebrauche. Das Glas hat eine Röhre von 291 Linien Länge, und eine Kugel von $11\frac{1}{2}$ Linien Durchmesser. Es wog 364 Gran. Als ich die Kugel und die Röhre bis an einen bezeichneten Punct G mit Quecksilber füllte, fand ich das Gewicht 2318 Gran, wovon, das vom Glase abgezogen, 1954 Gran für das Quecksilber bleiben. Als ich nun die Röhre bis oben anfüllte, wog es in allem 2678 Gran; folglich nach Abzug des Gewichtes vom Glase, wog das Quecksilber 2314 Gran; folglich das in der Röhre von G bis D betrug $2314 - 1954 = 360$ Gran. Dadurch wird also die Verhältniß der Räume bekannt, und die Räume selbst in solchen Theilen ausgedruckt, deren ein jedes so groß als 1 Gran schwer Quecksilber ist.

§. 82.

Um ferner zu sehen, ob die Röhre gleich weit war, und um allenfalls die Ungleichheit in Rechnung zu bringen, ließ ich etwas Quecksilber in die Röhre, und fand die Länge desselben nicht aller Orten gleich. Es stund anfangs 21,8 Linien weit von D und erstreckte sich bis 73,9 Linien. Von hieran erstreckte es sich bis 124,2 Linien; sodann von da an bis 172,8 Linien, und dann von da an bis 219,2 Linien, endlich bis 263,6 Linien. Die Längen sind demnach

$$\begin{aligned} 73,9 & - 21,8 = 52,1 \\ 124,2 & - 73,9 = 50,3 \\ 172,8 & - 124,2 = 48,6 \\ 219,2 & - 172,8 = 46,4 \\ 263,6 & - 219,2 = 44,4 \end{aligned}$$

Da diese Längen merklich ungleich sind, so mußte dieser Ungleichheit Rechnung getragen werden. Das Gewicht des Quecksilbers war 62,6 Gran.

§. 83.

Nachdem ich das Instrument vorhin (§. 72.) erzähltermaassen in siedendem Wasser gefüllt hatte, welches den 31sten Jenner 1776 bey der Barometerhöhe von $28'' . 5''' = 341$ Linien, geschehen, legte ich zur Berechnung die Höhe $E H = 11$ Zoll zum Grunde, um von da an die Ungleichheiten in der Weite der Röhre zu bestimmen. Diesen Punct fand ich 9 Zoll 3 Linien unter D. Sodann wog ich das Glas mit dem darinn befindlichen Quecksilber, und fand dessen Gewicht von 1:83 Gran. Hievon das Gewicht des Glases abgezogen, bleiben 919 Gran für das Quecksilber. Nun ergab sich, vermöge der eben angeführten Ausmessungen, (§. 82.) daß in dem Theil der Röhre $G H$ 208 Gran Quecksilber waren, folglich enthielt sodann der Theil $B G$ $919 - 208 = 711$ Gran, wenn nemlich das Quecksilber gerade bis an den Punct H reicht. Da nun der Raum der Kugel und des Theiles $F G$ 1954 Gran enthält, so bleiben $1954 - 711 = 1243$ Gran für den Raum $A B$, den die Luft alsdann in der Kugel einnimmt. Dieser Raum wird nun größer, wenn das Quecksilber über den Punct H hinaufsteigt, und aus den erst angeführten Ausmessungen (§. 82.) fand ich, daß, wenn $H C = y$ Zoll gesetzt wird, der Raum der Luft

$$e = 1243 + \frac{61}{4} \cdot y - \frac{1}{10} y y$$

Gran betrage.

§. 84.

Nun sey die Barometerhöhe = b Zollen, so ist der gesammte Druck = $b + 11 + y$ Zollen. Folglich wenn wir m als einen Coefficienten annehmen, und durch c den Grad des Luftthermometers andeuten, haben wir

$$m c = (b + 11 + y) \cdot (1243 + \frac{61}{4} y - \frac{1}{10} y y)$$

Dieser Ausdruck ist von dem obigen (§. 75.) darinn verschieden, daß ich hier den Raum der Luft nicht durch Längen, sondern durch Grane Quecksilbers ausdrücke, und zugleich auch die ungleiche Weite der Röhre mit in Anschlag bringe. Dieses ändert aber nur den Werth des Coefficienten m , welcher durch einen wirklichen Versuch bestimmt werden muß.

§. 85.

Da ich bey diesem Thermometer auch alle kleinere Umstände in Betrachtung zu ziehen gesonnen war, so mußte ich besonders auch auf die Ausdehnung des Quecksilbers Rücksicht nehmen. Diese beträgt nach des *De l'Isle* und anderer Versuche vom frierenden zum siedenden Wasser 3 Theile auf 200. Sie hat auf dieses Thermometer einen gedoppelten Einfluß. Einmal ist bey mehrerer Wärme das

Das Drebbelsche Thermometer, nebst dessen Abänderungen. 45

das Quecksilber leichter; folglich sein Druck nicht durchaus der Höhe EC proportional. Eben dieses gilt auch vom Barometer. Dieses macht eine Reduction nothwendig. Es sey C die Wärme des siedenden Wassers, in Graden des Luftthermometers. Man lege ferner auch die Ausdehnung, so das Quecksilber in frierendem Wasser hat, zum Grunde, so wird dessen Ausdehnung in jedem andern Grad der Wärme c zu der im frierenden Wasser

$$= \left(1 + \frac{c - 1000}{C - 1000} \cdot \frac{3}{200} \right) : 1$$

seyn. Die Höhe E C muß demnach durch

$$1 + \frac{3}{200} \cdot \frac{c - 1000}{C - 1000}$$

getheilt werden, weil das Quecksilber um so viel weniger drückt. Auf eben die Art ist auch die Barometerhöhe zu reduciren. Und da hiebey der Umstand vorkömmt, daß diese beyden Instrumente nicht immer in einerley Wärme sind, so sieht man leicht, daß alsdann der Grad der Wärme c für jedes besonders bestimmt werden muß. Setzen wir die Wärme des Barometers = γ , so wird in der Formel (§. 84.) der Ausdruck $b + 11 + y$, in folgenden

$$\frac{200 C - 200000}{200 C + 3 \gamma - 203000} \cdot b + \frac{200 C - 200000}{200 C + 3 c - 203000} \cdot (11 + y)$$

verwandelt. Dieses ist die erste Reduction.

§. 86.

Die andere gründet sich darauf, daß durch die Ausdehnung des Quecksilbers der Raum der Luft nicht mehr so schlechtlin durch y bestimmt werden kann, sondern davon so viel abgezogen werden muß als die mehrere Ausdehnung des Quecksilbers beträgt. Nun ist der ganze Raum des Quecksilbers 919 Gran. Dieser ist aber in einem Zimmer bestimmt worden, dessen Wärme temperirt war, und 1040 Gran des Luftthermometers betrug, um demnach denselben auf den Grad des frierenden Wassers zu bringen, muß er durch

$$1 + \frac{3}{200} \cdot \frac{40}{C - 1000}$$

46 Das Drebbelsche Thermometer, nebst dessen Abänderungen.

getheilt werden. Und so wird er für jeden Grad der Wärme c ,

$$= 919. \left[1 + \frac{3}{200} \cdot \frac{c - 1000}{C - 1000} \right] : \left[1 + \frac{3}{2000} \cdot \frac{40}{C - 1000} \right]$$

Gran betragen, demnach

$$919. \frac{3}{200} \cdot \frac{c - 1040}{C - 1000} : \left[1 + \frac{3}{200} \cdot \frac{40}{C - 1000} \right]$$

Gran mehr als zur Zeit, da die Ausmessung vorgenommen worden. Dieser Ausdruck wird demnach von dem Ausdruck (§. 84.)

$$1243 + \frac{61}{4} y - \frac{1}{16} y y$$

abgezogen, um den eigentlichen Raum der Luft im Thermometer zu erhalten. Noch ist anzumerken, daß wenn das Thermometer nur bis über die Kugel hinaus in warm Wasser gestellt wird, alsdann auch das Quecksilber in B F und dem Untertheil der Röhre einen andern Grad der Wärme erhält, als was über dem Wasser empor steht, und folglich auch hierüber Rechnung zu tragen ist.

§. 87.

Ich stellte nun den 31sten Jenner 1776 zweien Versuche mit diesem Thermometer an. Die damalige strenge Kälte machte, daß ich den Grad des frierenden Wassers genau in einem geschlossenen nicht gewärmten Zimmer hatte. In diesem stellte ich das Thermometer in Wasser, welches eben anfing eine Kruste von Eis zu haben. Das Quecksilber stieg $1\frac{7}{10}$ Linie über den Punct H, folglich war $y = \frac{17}{10}$ Zoll. Das Barometer hing in einer Stube, wo die Wärme 1040 Grade des Luftthermometers war, und stand auf 28 Zoll 5 Linien, folglich $b = 28,417$ Zoll. Und $\gamma = 1040$, $c = 1000$. Hiedurch wird nach dem (§. 85.) der Ausdruck $b + 11 + y$ in folgenden verwandelt

$$11,1083 + \frac{28,416667}{1 + 3 : 5 (C - 1000)}$$

und eben so wird zufolge des 85sten §. der Raum der Luft

$$= 1244,7 + \frac{110280}{200(C - 1000) + 120}$$

Gran befunden. Werden diese zween Werthe mit einander multiplicirt, so geben sie

$$1000m = \left[11,1083 + \frac{28,41667}{1+3,5(C-1800)} \right] \cdot \left[1244,7 + \frac{110280}{200(C-1000)+120} \right]$$

Dieses ist demnach die erste Gleichung zwischen m und C.

§. 88.

Gleich darauf brachte ich das Thermometer in die Stube, wo das Barometer war, und steckte es in siedend Wasser. Das Quecksilber stieg $9\frac{1}{4}$ Zoll über den Punct H, so daß demnach $y = 9,7083$ Zoll war. Da nun hier $c = C$, und $b = 28,16667$, $\gamma = 1040$, so findet sich mittelst dieser Werthe die zwerte Gleichung

$$mC = \left[1377,74 - \frac{2757 \cdot (C-1040)}{200(C-1000)+120} \right] \cdot \left[20,402 + \frac{28,41667}{1+3,5(C-1000)} \right]$$

§. 89.

Aus diesen zwo Gleichungen findet sich nun der Werth

$$C = 1354.$$

welches demnach der Grad des siedenden Wassers bey der Barometerhöhe von 28 Zoll 5 Linien ist. Ohne auf die von dem Quecksilber herrührende Reductionen zu sehen, finde ich $C = 1375$. Da nun auch das Glas im siedenden Wasser um etwas erweitert worden, wodurch theils mehr Quecksilber in der Röhre enthalten war und der Raum der Luft aus beyden Gründen größer wurde, so dürfte der Werth 1375 dem wahren näher seyn als der Werth 1354. Ich werde als eine runde Zahl $C = 1370$ annehmen. Amontons fand 1417, (§. 78.) Crucquius 1411, Poleni nur 1333. (§. 80.) Meine Bestimmung hält also ziemlich das Mittel. Man hatte überhaupt angenommen, das siedende Wasser dehne die Luft um $\frac{1}{3}$ Theil aus, aber das war von einer Luft zu verstehen, die nicht die Kälte des frierenden Wassers hatte, sondern ungefähr temperirt war. Ich habe übrigens dieses Thermometer hier umständlicher beschrieben, weil ich es noch zu andern Beobachtungen gebraucht habe. Zu gemeinen Beobachtungen habe ich eine bewegliche Stufenleiter dabey angebracht, die sich, nachdem es die Veränderungen des Barometers erfordern, daran verschieben läßt.

§. 90.

Das in der 3ten Figur vorgestellte Glas kann noch auf eine andere Art als ein Thermometer gebraucht werden. Am leichtesten wird es dazu ge-

48 Das Drebbelsche Thermometer, nebst dessen Abänderungen.

macht, wenn oben an der Kugel in A noch eine kleine Röhre ist. Die Röhre wird sodann in D zugeschmolzen, und das Glas gerade so mit Quecksilber gefüllt, wie, wenn es ein Barometer werden sollte. Auch muß die Röhre, die dazu erforderliche Höhe haben. Alsdann wird die Röhre in A zugeschmolzen. Und so hält die Luft in A der Quecksilbersäule E C das Gleichgewicht. Da hiebei der Druck der äußern Luft wegfällt, weil in C D ein luftleerer Raum ist, so wird in den vorhergehenden Rechnungen (S. 83. u. f.) $b = 0$. Damit können sie auf diese Art von Lustthermometern ebenfalls angewandt werden. Ich habe mir ein solches 1751 verfertigt, um seinen Gang mit dem von andern Thermometern zu vergleichen. Dermalen habe ich nur noch die Stufenleiter und die damit angestellten Beobachtungen.

§. 91.

Wolf in seinen nützlichen Versuchen giebt noch eine Art von Lustthermometern an. Sie besteht bloß aus einem Thermometerglas, in dessen Röhre ein wenig Quecksilber gelassen wird. Wenn also in der ersten Figur das Gefäßchen B wegbleibt, und man läßt in der Röhre nur eine kleine Menge Quecksilbers C c, so stellt sie ein solches Thermometer vor. Man kann es legen oder stellen. Wenn es liegt, so hält die innere Luft allezeit dem Drucke der äußern das Gleichgewicht; und so ist die Wärme in Verhältniß sowohl dieses Druckes als des Raumes A C, den die Luft jedesmal einnimmt. Stellt man es aber so, daß die Kugel oben ist, so muß von der Barometerhöhe die Höhe der Columne C c abgezogen werden. Hingegen wird sie addirt, wenn die Kugel unten zu stehen kömmt. Das Quecksilber bewegt sich darinn, so zu sagen, sprungsweise, weil allemal eine Ueberwucht erfordert wird, um das Anreiben zu überwältigen. Es theilt sich auch das Quecksilber leicht, so daß einzelne Stückchen davon in der Röhre liegen bleiben, oder wenn sie aufgerichtet ist, herabfallen.

§. 92.

Unter den verschiedenen Arten die Wärme der Körper, mittelst der Ausdehnung der Luft zu bestimmen, oder beyde mit einander zu vergleichen, gehört auch noch die von Hrn. Robin in seinen Grundsätzen der Artillerie angeführte. Er ließ eine eiserne Röhre, die am einen Ende geschlossen war, und am andern eine sehr kleine Oeffnung hatte, im Schmiedefeuer weißglühend werden, und verdünnete dadurch die Luft in der Röhre, so viel sie in diesem Grade der Hitze verdünnet werden konnte. Ehe er sie aus dem Feuer nahm, verstopfte er die Oeffnung mit einem eisern Drat, und ließ sie sodann in Wasser erkälten, ohne daß sich Wasser oder Dünste hineinziehen konnte. Den Drat zog er nachgehends unter dem

dem Wasser heraus, und das Wasser füllte allen Raum aus, den die noch übrige Luft auszufüllen gestattete. Er fand in drey Versuchen, daß 610, 595, 600 Gran Wassers hineingetreten waren. Die ganze Röhre enthielt 796 Gran Wassers. Also war noch so viel Luft darinn geblieben, als 186, 201, 196 Gran Wassers an Raume austragen. Demnach nur noch ungefähr der $\frac{1}{4}$ Theil; oder wenn aus den drey Versuchen das Mittel genommen wird $194\frac{1}{3}$ Theile von 796. Die Luft hat sich demnach im weißglühenden Eisen in der Verhältniß $194\frac{1}{3} : 796 = 1 : 4,01$ ausgedehnt. Robin sagt nicht, welches damals die Wärme der Luft war, noch in welcher Jahreszeit er den Versuch angestellt hatte. Da das Wasser nicht gefroren war, so konnte es wohl nicht im strengsten Winter gewesen seyn. Auch wohl nicht in der größten Sommerhitze. Wenn wir indessen den Grad auf 1050 setzen, welches nach des Erucquius Beobachtungen, (S. 79.) der vom Maymonat ist, so folgt, daß der Grad des weißglühenden Eisens auf $4,01 \cdot 1050 = 4210$ des Luftthermometers gesetzt werden kann. Hiedurch wird also die größte Hitze des Feuers bestimmt, so daß nicht bloß weißglühendes, sondern völlig schmelzendes und stark fließendes Eisen gar wohl auf 5000 gesetzt werden kann.

Viertes Hauptstück.

Thermometer von andern flüssigen Materien.

Erster Abschnitt.

Vorkäufige Betrachtungen.

§. 93.

Wenn man nach dem eigentlichen Sinn des Wortes, durch Thermometer ein Werkzeug versteht, welches die Grade der Wärme unmittelbar und genau anzeigt, so konnte das Drebbelsche schon dadurch diesen Namen nicht behaupten, weil dabey der Druck der äußern Luft mit in Betrachtung kömmt. Es zeigt also die Grade der Wärme nicht unmittelbar an, sondern dieser muß erst durch Rechnung gefunden werden. Nun hätte die Art diese Rechnung vorzunehmen schon von Mariotte können gefunden werden. Er blieb aber bey seinem Satze vom Maasse der Schnellkraft der Luft, ohne darauf zu sehen, wie fern derselbe durch die Veränderung der Wärme verändert werden muß. Dieses that Amontons und fand wenig Gehör. Das Drebbelsche Thermometer war einmal schon zu sehr verworfen, als daß es so leicht wieder hervorgezogen werden konnte. Amontons gab endlich auch selbst den Anschlag, sein Luftthermometer nur in so fern beizubehalten, als es dienen konnte, die Florentinischen Thermometer damit zu vergleichen, und mit demselben übereinstimmend zu machen.

§. 94.

Dieses war nun freylich ein Umweg, den man nicht betreten wollte. Man hatte auch schon im vorigen Jahrhunderte einige Rücksicht auf gewisse Grade der Wärme genommen, die man zum Grunde legen, und die Thermometer denselben gemäß eintheilen könnte. Anfangs begnügte man sich die freylich zu unbestimmte Grade der Sommerwärme und Winterkälte, als die äußersten der zu Wetterbeobachtungen eingerichteten Thermometer zum Grunde zu legen und beyden noch etwas zuzugeben, damit je die Stufenleiter und die Röhre nicht zu kurz ausfalle. (S. 26. 32.) Die Florentinische Akademie gieng hierinn nicht weiter. Ich finde auch die ersten Spuren einer bestimmtern Eintheilungsart in des *Dalencé* *Traité des Barometres, Thermometres & Notiometres*. Er sagt darinn: „daß man „alle Thermometer übereinstimmend machen könnte, wenn man folgendes Ver-

„fahren dabey gebrauchen wolte.“ Dieses Verfahren ist zweyfach. Bey dem ersten legt er die Kälte der Luft, wenn es anfängt zu frieren, und den Grad der Wärme, wobey Butter zu schmelzen anfängt zum Grunde. Diese Grade soll man auf dem Thermometer bezeichnen, und den Zwischenraum in 20 Theile theilen, wovon 10 von der Mitte aufwärts, und die 10 andere herunterswärts gezählt werden. Die Mitte sieht *Dalencé* als den Grad der gemäßigten Wärme an. Zu diesen 20 Graden, nimmt er noch oben und unten 5 hinzu, um die Sommerwärme und Winterkälte zu bestimmen. Hier ist der Grad der schmelzenden Butter etwas unbestimmt. Nach *Amontons* müßte es der 1160ste des Luftthermometers seyn. (§. 78.) Dieses ist zu viel. *Amontons* scheint einen Grad angenommen zu haben, wo die Butter schnell wegschmelzt. Und dieser ist weit über die Sommerwärme hinaus, weil selbst nach *Amontons* die größte von ihm beobachtete Wärme der Hand nur auf 1141 Grade geht. Ich finde, daß geschmolzene Butter bey 1106 Grad anfängt zu stocken. Und *Dalencé* spricht so, daß selbst im Sommer ein auf das Thermometer gelegtes Stückchen Butter zerfließen könne, ohne eben an der Sonne zu liegen. Er versteht demnach unstreitig den geringsten Grad der Wärme, wobey Butter zerfließen kann. Seine Eintheilung kann demnach folgendermaassen mit dem Luftthermometer verglichen werden.

<i>Dalencé.</i>	Luftthermo- meter.	
+ 15	1132, 5	Sommerwärme.
+ 10	1106	schmelzende Butter.
+ 5	1079, 5	warm.
0	1053	gemäßigte Wärme.
— 5	1026, 5	frisch.
— 10	1000	Kälte zum frieren.
— 15	973, 5	Winterkälte.

Die gemäßigte Wärme fiel demnach auf den 1053sten Grad. Daran fehlt eben nicht viel. Man sieht aus den Beobachtungen des *Crucquius*, (§. 79.) daß dieser Grad sehr nahe, der mittlere Grad der Wärme im May und im Herbstmonat ist.

§. 95.

Die andere Art zu verfahren, die *Dalencé* angiebt, und die er selbst als von der erstern verschieden ansieht, gründet sich 1°. auf den Grad der Tempera-

tur in tiefen verschlossenen Kellern. 2°. Auf den Grad der Kälte des zerstoßenen und mit Küchensalz vermischten Eises. Bey diesem letztern Grad hätte angegeben werden müssen, wie viel Salz zu nehmen sey. Ich finde, daß, wenn Schnee und Salz zu gleichen Theilen gemischt werden, der 918 Grad des Luftthermometers in der Mischung statt findet, der Schnee mag nun diese Kälte schon gehabt haben oder nicht. Der Unterschied ist nur, daß, wenn der Schnee an sich schon so kalt ist, wie er es den 27sten Jenner 1776 war, derselbe bey der Vermischung mit eben so kaltem Salze nicht schmelzt. Dieses geschieht hingegen, und zwar desto geschwinder, je geringer die Kälte des Schnees ist. *Dalencé* hat nun aber einen so starken Grad der Kälte nicht im Sinne gehabt. Die Temperatur tiefer Keller trifft auf den 1054sten Grad. Nun ist $1054 - 918 = 136$. Und *Dalencé* will, daß man ebenfalls 136 Grade über den 1054 hinauf zähle. Damit verfällt man auf den 1190sten Grad. Dieser geht weit über die Sommerhize selbst an der Sonne hinaus. *Dalencé* sagt übrigens nicht, was er durch diesen Grad will verstanden wissen. Und so scheint es, er habe nur wollen eine Eintheilung angeben, die gewiß nicht zu klein sey. Auch begnügt er sich zu sagen, man könne den Grad des Frostes durch Beobachtung bestimmen und auf der Stufenleiter anzeichnen.

§. 96.

Ich habe die Auflage von 1688, die vermuthlich die erste von des *Dalencé* Tractat ist. Fünf Jahr nachher stellte *Halley* seine Versuche zur Bestimmung beständiger Grade der Wärme und der Ausdehnung der Luft, des Weingeistes und des Quecksilbers an. (S. 34.) Er ließ es aber auch bey der bloßen Angabe bewenden. Man fand immer noch zu viele Mängel an den Thermometern, und noch im gegenwärtigen Jahrhundert war es ein Lehrsatz in der Aerometrie, daß man besser thun würde, die Thermometer nur Thermoscope zu nennen, gerade als wenn mit einem andern Namen der Sache geholfen wäre. Man stund an, ob die eigentliche Grade der Wärme den Graden der Ausdehnung wirklich proportional seyn. Und wenn auch dieses statt finden sollte, so war noch ebenfalls die Frage, bey welchem Grade man anfangen müsse zu zählen. Diese Frage ist bey Thermometern von Weingeist, an die man schon ganz gewöhnt war, allerdings sehr wichtig. *CARLO RENALDINI* schlug zu diesem Ende vor, kaltes und siedendes Wasser nach stufenweise fortgehenden Verhältnissen zu mischen, um ebenfalls stufenweise fortgehende Grade der Wärme zu erhalten, die auf dem in die Mischung gesetzten Thermometer angezeichnet werden konnten. *Renaldini* that es selbst nicht, und fand ganz im Gegentheile an *Wolfen* einen Gegner, der in seinem Vorschlage Trugschlüsse fand, die doch in der That nicht darinn sind. *Renaldini* sagt, man soll 1, 2, 3 : : : : 11 Theile siedend Wasser unter 11, 10, 9 : : : :

1 Theil kaltes mischen, so werde man zwölf gleiche Stufen von Wärme erhalten. Wolf sagt hingegen, diese Stufen werden nicht gleich groß, sondern $\frac{1}{11}$, $\frac{2}{11}$, $\frac{3}{11}$, $\frac{4}{11}$, $\frac{5}{11}$, $\frac{6}{11}$, $\frac{7}{11}$, $\frac{8}{11}$, $\frac{9}{11}$, $\frac{10}{11}$, $\frac{11}{11}$ seyn. Dieses würde statt finden, wenn man 3. E. aus 1 Theil warmen Wasser den Ueberschuß seiner Wärme herausnehmen, und in die 11 Theil kaltes Wasser bringen könnte. Dieses geht nicht an. Daher mischt *Renaldini* den 1 Theil warmen Wassers mit den 11 Theilen kaltes. Die Mischung besteht offenbar aus 12 Theilen, und auf diese wird die Wärme vertheilt. Sie ist demnach in jedem Theil $\frac{1}{12}$ und nicht $\frac{1}{11}$, wie Wolf vorgab. Ich finde auch, daß *Boerhave*, *Narine*, *Richmann*, *Le Sage*, *de Luc*, und andere sich an Wolfens Urtheil nicht gekehrt, sondern die Versuche selbst angestellt haben. Es zeigte sich daraus, daß des *Renaldini* Vorschlag besser aufgenommen zu werden verdient hätte, wenn auch gleich weder eine geometrische Genauigkeit dabey vor kommt, noch der Grad der absoluten Kälte dadurch bestimmt werden kann.

S. 97.

Mit dem Anfange des gegenwärtigen Jahrhunderts fiengen die Thermometer an, ein besseres Schicksal zu erhalten. *Amontons* Verdienste darum, habe ich bereits im vorhergehenden Hauptstück angezeigt. Um gleiche Zeit gab auch *Newton* seine Beobachtungen über verschiedene bestimmte Grade der Wärme in den *Philosoph. Transact.* jedoch nicht unter seinem Namen heraus. In *Danzig* war damals auch schon *Fahrenheit* mit Thermometern beschäftigt. Er hatte, wie *Sanov* in seinen *Merkwürdigkeiten der Natur und Kunst* berichtet, eines vor dem Fenster hängen. *Sanov* fand noch das Verzeichniß, der von *Fahrenheit* während des kalten Winters 1709 beobachteten Grade des Thermometers. *Fahrenheit* zog 1713 von *Danzig* weg, und verehrte *Wolfen* zwey seiner Thermometer, die zu *Wolfens* Verwunderung immer mit einander übereinstimmten. *Fahrenheit* fand in *Holland* und *England* bessere Aufnahme, und besonders an *Boerhave* einen guten Rathgeber. Auch fieng er an, seine Thermometer mit *Quecksilber* zu füllen, und den Grad des siedenden Wassers zum Grunde zu legen, woben er aber jedoch fand, daß dieser Grad sich nach dem Stande des *Barometers* richtet.

S. 98.

Die Frage: Ob die Grade der Ausdehnung den Graden der Wärme proportional seyn? veranlaßte ganz ungezwungen eine andere: nemlich, ob bey einern Graden der Wärme die Grade der Ausdehnung bey verschiedenen *Materien* einander proportional blieben. Diese Frage war nun unstreitig leichter durch Versuche zu bestimmen. *Fahrenheit* hoffte damit zu Stande zu kommen, daß er

übereinstimmende Thermometer von Weingeist und Quecksilber würde machen können. Der Versuch schlug fehl. Fahrenheit glaubte, daß die Schuld an dem Unterschiede der Gläser liege. Boerhave wußte ihm auch keinen andern Grund anzugeben. Der wahre Grund sollte aber eigentlich dieser seyn, daß wenn flüssige Materien, sowohl dem Sieden als dem Frieren nahe sind, ihre Ausdehnung anfängt, ungleichförmig zu werden, und daß wenn sie eingeschlossen sind, ihre Ausdehnung ebenfalls nach andern Gesetzen fortgeht, als wenn sie sich ganz frey ausdehnen können.

§. 99.

Reaumur ist, so viel ich weiß, der erste, der hierauf Achtung gegeben. Indessen gab er dem Weingeiste vor dem Quecksilber den Vorzug dergestalt, daß er die genauere Vergleichung wo nicht ganz unterließ, doch wenigstens gar nicht bekannt machte. Dieses nahm endlich *MICHEL* du *CREST* vor. Er verfertigte Thermometer von Weingeist, Leinöl und Quecksilber, um den Gang derselben mit einander zu vergleichen. Er fand Unterschiede dabey, die gar nicht unerheblich sind. Eben dieses fanden nach ihm auch *Brander*, *de LUC*, *Strohmayer* und andere. Diese Ungleichheiten vermehrten nun den Zweifel, den man schon hatte, ob nemlich die Grade der Wärme mit der Ausdehnung der Körper zu gleichen Schritten gehen oder nicht. Denn da die Ausdehnung verschiedener Materien einander nicht proportional bleibt, so kann dieselbe nicht so schlecht hin als das Maas der Wärme angesehen werden. Dabey ist nun die Frage: welche Materie dem Wahren am nächsten komme, oder wie mittelst der Ausdehnung der Grad der Wärme bestimmt werden könnte, sehr natürlich. Diese Frage war nun eben der Anlaß, warum *Le SAGE*, und nach ihm *de LUC* des *RENALDI* Vorschlag (§. 96.) wieder hervorzogen, und besonders letzterer sehr umständliche Versuche darüber anstellte.

§. 100.

Bei allem diesem schien man zu vergessen, oder wenigstens gar nicht daran zu denken, daß man das, so man suchte, an dem *Amontonschen* Thermometer bereits hatte. Man wollte bei den Thermometern solche Stufenleitern anbringen, die nicht bloß den Grad der Ausdehnung, sondern die eigentlichen Grade der Wärme anzeigen sollten. Man hätte nur genauer nachsehen sollen, was man durch Grade der Wärme zu verstehen habe. Denn das unbestimmte in diesem Ausdrucke machte eben, daß man weder wußte, was man schon hatte nach was ferner zu suchen blieb. Bei der Wärme kommt 1. die Menge, 2. die Dichtigkeit, 3. die Kraft der Feuertheilchen vor. Und diese drey Stücke sind in verschiedenen Körpern so sehr verschieden, daß man auf jeden besonders Rücksicht nehmen muß.

§. 101.

Nun war man schon gewöhnt zu urtheilen, daß z. E. verschiedene Materien einerley Grad der Wärme haben, wenn ein und eben das Thermometer in demselben einerley Grad der Ausdehnung anzeigt. Bey diesem Urtheile konnte man aber durch Grad der Wärme nichts anders als Kraft der Wärme verstehen, und zwar diejenige Kraft, welche in wärmern Körpern größer, in kältern Körpern geringer ist, und welche eben daher machet, daß die Wärme sich aus jenen in diese hinüber zieht, bis ein völliges Gleichgewicht statt hat, das will sagen, bis die Körper gleich warm sind. Es ist nun aber das Maas dieser Kraft in der Luft durch den Amontonschen Lehrsatz (§. 49.) sehr gut und richtig bestimmt, und so hatte man wirklich schon, was man erst noch suchen wollte, nemlich das wahre Maas von den Graden der Wärme.

§. 102.

Ich habe aber vorhin (§. 100.) außer der Kraft der Feuertheilchen noch ihrer Menge und Dichtigkeit Erwähnung gethan, und selbst auch im vorhergehenden Hauptstücke mich auf den Begriff der Kraft der Wärme in gleich dichter Luft eingeschränkt (§. 53.) weil in der That der Amontonsche Satz unmittelbar nur von dieser Kraft das wahre Maas angiebt. Da sich demnach die Kraft der Wärme selbst in der Luft nach ihrer Dichtigkeit richtet, so daß einerley Wärme in dichter Luft mehr Kraft hat als in dünnerer; so ist kein Zweifel, daß nicht auch in andern Körpern einerley Wärme ganz verschiedene Kräfte haben werde. Man sieht aber ohne Mühe, daß diese Verschiedenheit von den Körpern selbst herrührt, und daß sie ohne Nachtheil des vorhin (§. 101.) erwähnten Gleichgewichtes statt haben kann. Die Kraft der Wärme in den Körpern selbst kann von der Kraft, die sie gegen die umliegenden und berührenden Körpern äußert, sehr verschieden seyn. Es fordert aber eben dieses Gleichgewicht, daß beyde auf eine proportionale Art zu und abnehmen, wenn sie sich verändern.

Zweiter Abschnitt.

Newtons Thermometer von Leindl.

§. 103.

Man findet in *NEWTONS Principiis*, daß derselbe schon vor dem Jahr 1686 auf die Bestimmung der Grade der Wärme gedacht habe. Er sagt bey Gelegenheit des Cometen von 1680, daß er durch Erfahrung gefunden, die Hitze des siedenden Wassers sey drey mal größer als die Sommerwärme, und er mutmaste, daß die Hitze eines glühenden Eisens 3 bis 4 mal größer sey als die vom siedenden Wasser. Es erhellet hieraus, daß Newton die Hitze des siedenden Wassers als einen ziemlich bestimmten Grad angesehen habe. Ich finde auch nicht, warum er anders hätte denken sollen. Man wußte von alten Zeiten her, daß siedendes Wasser, die zum Schmelzen des Zinnes und Bleies erforderliche Hitze nicht hat, und folglich das Wasser nicht über einen gewissen Grad erwärmt werden könne. Newton setzt dieses als bekannt voraus, ist aber zugleich darauf bedacht, den Grad selbst zu bestimmen. Hingegen machte Halley 1692 und Amontons 1702 viel Wesens daraus, daß siedendes Wasser nur bis auf einen gewissen Grad warm werde, und daher zur Eintheilung der Thermometer gebraucht werden könne. Und doch fand nachgehends Fahrenheit, daß dieser Grad nicht so ganz unveränderlich ist, sondern sich mit der Schwere der Luft ändert. Die Veränderung ist übrigens geringe.

§. 104.

Newton sagt an erwähntem Orte weiter nicht, woraus man urtheilen könnte, wie er seine Grade will verstanden wissen. Es ist aber aus den Verhältnissen dieser Grade unter sich zu vermuthen, daß er den 0 Grad der Wärme dahin gesetzt habe, wo wir unserer Empfindung nach sagen, daß es anfangs kalt zu werden. Wenn wir also nach *Poleni* (§. 80.) die Sommerwärme auf 1120, und nach (§. 89.) den Grad des siedenden Wassers auf 1370 setzen, so ist der Unterschied $1370 - 1120 = 250$, und die Hälfte dieses Unterschiedes $= 125$. Diese von 1120 abgezogen, giebt den 995sten Grad als denjenigen an, welchen Newton $= 0$ gesetzt haben mag. Da dieser Grad nur wenig geringer als der von frierendem Wasser ist, so läßt sich vermuthen, daß Newton eigentlich diesen Grad zum Grunde gelegt habe. Auf diese Art entsteht folgende Vergleichung:

Newton

Newton	Luftthermo- meter.	
0	1000	frierend Wasser.
1	112 $\frac{1}{3}$	Sommerwärme.
3	1370	siedend Wasser.
9	2110	glühend Eisen.
12	2480	

Dieser Grad des glühenden Eisens ist zu gering (S. 92.) Newton giebt ihn auch nur unter der Bedingung an, wenn er richtig muthmaße. Auch fand er ihn nachher merklich größer.

§. 105.

Im Aprilmonat der Philosoph. Transact. 1701. gab Newton, ohne sich zu nennen, eine Stufenleiter verschiedener Grade der Wärme und Kälte an, wobey sein Verfahren umständlicher beschrieben ist. Zu den Graden, die geringer als die von der Hitze des schmelzenden Zinnes sind, gebrauchte er ein Thermometer von Leindl. Er legte die Kälte des schmelzenden Schnees zum Grunde, und fieng von demselben an die Grade der Wärme zu zählen, indem er den Raum des Leindls in 10000 Theile theilte. In stark siedendem Wasser dehnte sich das Leindl auf 10725 Theile aus, und in geschmolzenem Zinn, wenn es anfängt seine Flüssigkeit zu verlieren, gieng die Ausdehnung bis auf 11516 Theile. Diese Art ein Thermometer zu verfertigen und einzutheilen, hätte können beybehalten werden. Newton gieng aber selbst davon ab. Er nahm das Wort Wärme in dem oben (S. 17.) erwähnten engern Verstande. Und da er vermuthlich die sogenannte temperirte Wärme zu unbestimmt fand, sahe er die Kälte des frierenden Wassers, als den ersten Grad oder den Anfang der Kälte, und zugleich auch als den Anfang der Wärme an. Sodann gebrauchte er die äußere Wärme des menschlichen Leibes als den eigentlich positiven Grad der Wärme, und theilte denselben in zwölf gleiche Theile, und so theilte er sein Thermometer ein. Den Grad des siedenden Wassers fand er nach dieser Eintheilung 34. Seine mit diesem Thermometer angestellten Beobachtungen sind folgende:

Newton	Luftthermo: meter.	
0	1000	frierend Wasser, schmelzender Schnee.
4	1044	Frühlings- und Herbstwärme.
6	1065	Sommerwärme.
12	1130	Wärme des Leibes, auch zum Eyerbrüten.
14 ³ _{II}	1155	Wasser, worinn man die Hand lange halten kannt.
17	1185	Wasser, zu warm für die Hand.
20 ² _{II}	1224	Wasser, worinn geschmolzen Wachs anfängt undurchsichtig zu werden.
24	1261	Wasser, worinn Wachs noch nicht aufbrauset.
34	1370	stark siedend Wasser. Schnelloth von 5 Theilen Bismuth, 3 Theilen Zinn, 2 Theilen Bley erhält sich darinn beynah flüßig.
40 ⁴ _{II}	1447	Wärme, worinn ein Schnelloth von 5 Theilen Bismuth, 4 Theilen Zinn, 1 Theil Bley schmelzt.
48	1522	schmelzendes Schnelloth von gleich viel Zinn und Bismuth.
57	1620	schmelzend Loth von 2 Theilen Zinn, 1 Theil Bismuth, imgleichen von 3 Theilen Zinn, 2 Theilen Bley. stockend Loth von 5 Theilen Zinn, 2 Theilen Bismuth, imgleichen von gleich viel Zinn und Bismuth.
68	1740	schmelzend Loth von 1 Theil Bismuth und 8 Theilen Zinn.
70	1763	stockend Zinn.
72	1785	schmelzend Zinn.

§. 106.

Die für die Frühlings- und Sommerwärme angezeigte Grade sind an sich merklich unbestimmt. Und eben so richtet sich auch die der Hand erträgliche Wärme des Wassers sehr merklich nach der Gewohnheit und besonders auch nach der Jahreszeit. Die zum Eyerbrüten nöthige Wärme mag bey verschiedenen Vögeln um etwas verschieden seyn. Ueberhaupt aber wird sie um etwas größer als die Wärme der Hand angezeiget. Newton giebt ferner hier zween Grade für stockendes und starkflüßiges Wachs an. Amontons fand beyde etwas größer, jedoch wird der Unterschied vermindert, wenn wir Amontons Grad der Hitze des siedenden Wassers, den er gerade hin auf 73 Zoll setzt und 1417 Grad des Luftthermometers austrägt, um so viel vermindern, daß er nur 1370 Grade betrage (§. 78. 89.)

§. 107.

Allem Ansehen nach hat der Umstand, daß Newton diese Grade der Wärme nicht unter seinem Namen bekannt gemacht, dem Amontons Anlaß gegeben, diesen ungenannten desto dreister anzugreifen, und an den Beobachtungen so viel möglich und mehr als es seyn sollte, zu tadeln, und Erfahrungen gegen Erfahrungen zu setzen. Newton hatte es mit Cartesen zu arg gemacht, und Cartes war damals zu Paris, was Aristoteles bey den Scholastikern war. Dazu kam nun noch, daß der beständige Grad der Wärme des siedenden Wassers, den Amontons im Jahr 1702 als seine Erfindung und als ganz neu ausgab, in England nicht mehr neu war. (§. 105. 103. 34.) Amontons konnte übrigens gar wohl von ältern Bemerkungen nichts gewußt haben. Und sein Thermometer war ein solcher Anlaß zu Versuchen, den Amontons nicht wohl ungenüßt konnte hingehen lassen. Er konnte demnach allerdings mit seinem Thermometer den Versuch von der Wärme des siedenden Wassers vornehmen, von dem man damals glaubte, daß er mit den Florentinischen Thermometern von Weingeist nicht vorgenommen werden konnte, weil der Weingeist eher siedet, als Wasser.

§. 108.

Newton wurde also erstlich getadelt, daß er den 0 Grad der Wärme bey dem frierenden Wasser zu finden glaubte, und von da an, die übrige Grade zählte. Dieser Tadel wollte aber eigentlich nichts mehr sagen, als daß Newton den Grad der absoluten Kälte nicht bestimmt hat. Denn übrigens spricht Newton allerdings von Graden der Kälte so, daß er diese von dem 0 Grad seines Thermometers unterwärts zählt. In dieser Absicht läuft demnach der Tadel auf einen Wortstreit hinaus. Newton nannte nur das warm, was wir als warm empfinden. Amontons hingegen nannte warm alles, was noch kälter werden konnte. Hierin gieng demnach Amontons weiter, und mit gutem Erfolge.

§. 109.

Amontons hält sich ferner sehr dabey auf, daß seine Versuche und Beobachtungen über die Frühlings- und Sommerwärme und über die Wärme des Leibes von den Newtonschen abgehen. Er konnte sich immer begnügen zu sagen, daß diese Grade nicht immer gleich sind: Newton selbst giebt mehrere an. Er setzt Winterkälte auf 0, 1, 2, Frühlings- und Herbstwetter auf 2, 3, 4, Sommerwärme auf 4, 5, 6. Und da er vom frierenden zum siedenden Wasser nur 34 Grade zählt, so sieht man, daß seine Grade sehr groß sind, und daß Newton sie nur überhaupt angiebt. Newton begnügte sich ferner, nicht nur den

Grad anzugeben, welchen das Thermometer anzeigt, wenn man es in der Hand oder an den Leib hält. Er wollte auch wissen, wie es sich verhalte, wenn die Hand in warmes Wasser gehalten wird. Hier fand er größere Grade. Amontons hingegen machte den Versuch nicht mit heißem oder warmem, sondern mit lauem Wasser, welches ihm nemlich weder warm noch kalt vorkam. Und da sein Thermometer nicht weiter als bis zum Grade des siedenden Wassers reichte, ungeachtet es ganz wohl weiter hätte reichen können, so dachte Amontons auf andere Versuche, um auch die größern Grade von Hitze, die Newton angegeben hatte, prüfen zu können. Hierinn aber blieb Amontons sehr hinter Newton zurück. Er tadelte Newtonen, wo er ihm hätte folgen können.

Dritter Abschnitt.

Fahrenheit's Thermometer.

§. 110.

Fahrenheit trat ungefähr zu gleicher Zeit mit Amontons und Newton auf, wiewohl sein Name erst nach 1713 bekannter wurde. Dieser Umstand, und besonders auch, daß er seine Kunstgriffe Anfangs nicht bekannt machen wollte, breitet über den Anfang der Geschichte seiner Thermometer einige Dunkelheit aus. Wolf erzählt in den Actis Erudit. 1714. kaum etwas mehr, als daß die zwey Thermometer, so er von Fahrenheit erhalten, gut mit einander übereinstimmten. Dieses war damals desto unerhörter, weil sie an einem Brettchen neben einander geheftet waren, und eine gemeinsame Stufenleiter hatten. Und dieses war zwar an sich nicht nöthig, weil größere Ausdehnungen durch größere Grade angezeigt werden können. Es trug aber, zumal bey schnellen Veränderungen der Wärme, zur Gleichheit des Ganges beyder Thermometer mit bey, zeigte mehrere Kunst an, und diente zugleich sie verborgener zu halten. Wolf errieth auch das Kunststück nicht, weil er es in den Salzen suchte, womit der Gang des sich stärker ausdehnenden Weingeistes, seiner Meynung nach, mußte geschwächt werden. Wolf beschreibt übrigens die beyden Thermometer und ihre gemeinsame Stufenleiter sehr genau. Indessen war diese Stufenleiter weder die erste noch die letzte, die Fahrenheit gebraucht hatte, wiewohl er übrigens die zum Grunde gelegte Grade bey diesen Veränderungen beybehielt.

§. 111.

Diese Grade sind 1°. der von Schnee oder gestossenem Eise, welches mit Salarmoniac vermischt worden. 2°. Der von der Wärme des menschlichen Lei-

bes. Den Zwischenraum theilte er Anfangs in 180 gleiche Theile, von denen er 90 aufwärts, und eben so viele unterwärts zählte, vielleicht auch noch oben und unten zu etwa 10 Graden Raum ließ, um 100 Grade der Wärme, und eben so viele Grade der Kälte zu haben. Dieses ist die Eintheilung des vobin (S. 97) erwähnten Thermometers zu Danzig. Solche verfertigte Fahrenheit noch im Jahr 1712, da er zu Berlin war, und er theilte eines der damaligen Königl. Societät der Wissenschaften mit, welches schon lange nicht mehr vorrätzig ist. Nach dem, was Grischov im 6ten Bande der Miscell. Berolin. erzählt, hat damals ein junger Mathematiker Barnsdorf etwas von Fahrenheit's Einrichtung: art erfahren. Fahrenheit änderte hierauf seine Stufenleiter, und gab seinen Thermometern eine geschmeidigere Größe.

S. 112.

Diese geänderte Stufenleiter ist nun die, welche Wolf an seinen Thermometern vorfand. Anstatt der 2mal 90 Grade zählte nun Fahrenheit nur 24, und zwar in einem fort von unten herauf. Und da diese Theile noch merklich groß waren, so bemerkte er bey jedem noch die Viertelttheile. Endlich mag ihm Boerhave angerathen haben, diese Viertel als ganze anzusehen, und damit 96 Grade zwischen dem Froste des gesalznen Eises und der Wärme des Leibes anzusehen, zugleich aber auch anstatt des Weingeistes Quecksilber zu gebrauchen und für besondere chymische Versuche die Stufenleitern bis zur Hitze des siedenden Quecksilbers zu er. eitern, welches ungefähr beym 600ten dieser Grade eintraf.

S. 113.

Ben dieser letzten Eintheilung ist nun Fahrenheit geblieben, und sie ist noch dormalen lange nach seinem Tode üblich. Boerhave und Mussenbroeck gebrauchten sie durchaus, und überdies hat man eine Menge von Beobachtungen, die in Fahrenheit'schen Graden angegeben sind. Man versteht auch gewöhnlich, daß diese Thermometer mit Quecksilber gefüllt sind. Denn Fahrenheit hatte die Hoffnung, sie mit denen von Weingeiste gefüllten gleichstimmend zu machen, ganz aufgegeben, (S. 98.) und nach ihm blieben Prinz zu Amsterdam und andere Künstler dabey, daß sie Quecksilber gebrauchten. Uebrigens fanden schon Boerhave und Fahrenheit dienlicher, den Grad des frierenden und des siedenden Wassers zum Grunde zu legen. Sie behielten aber, um die Sprache nicht zu verwirren, die Eintheilung bey, und so setzten sie den Punct des frierenden Wassers auf den 32sten, und den vom siedenden auf den 212ten, jedoch diesen letztern dergestalt, daß sie bey veränderter Barometerhöhe etwas vor- und nachgaben. Martine fand den Grad des zu schmelzen anfangenden oder stockenden Wachses

bey dem 142sten Grad, und die Temperatur des Kellers der Pariser Sternwarte wurde bey 53. oder 54sten Grade befunden. Guter Weingeist siedet bey 175sten Grad, schlechterer aber bey 185sten. Diese Grade mögen zu einer vorläufigen Vergleichung mit dem Luftthermometer hinreichend seyn, wenn wir sie nur so anstellen, daß 180 Fahrenheitische Grade mit 370 vom Luftthermometer übereintreffen.

Fahrenheit	Luftthermometer.	
0	934	gefalzen Eis.
32	1000	frierend Wasser.
54	1045	tiefer Keller Wärme.
96	1132	Wärme des Blutes.
142	1226	stockend Wachs.
175	1294	siedender Weingeist.
185	1312	::: von schlechterer Art.
212	1370	siedend Wasser.
600	2168	siedend Quecksilber.

Vierter Abschnitt.

Das de l'Isle'sche und einige andere Quecksilber-Thermometer.

§. 114.

Bald nach Reaumur (§. 99.) fiel auch de l'Isle zu Petersburg auf die Gedanken, den Thermometern eine wissenschaftlichere Eintheilung zu geben, und sah besonders dahin, daß man mit einem einigen zum Grunde gelegten Grade ausreichen konnte. Er wählte Quecksilber dazu, und fand, daß wenn dessen Raum bey 10000 Theile getheilt wird, derselbe bey 9850, demnach 150 weniger betragen werde. Diese 150 Grade zählte er von oben herunter.

§. 115.

Dieses Thermometer wurde in Rußland sehr üblich. Der beständige Grad sollte dabey der vom siedenden Wasser seyn. Da aber Fahrenheit und nach ihm mehrere andere gefunden, daß siedendes Wasser bey niedrigerem Baro:

Das de l'Isle'sche und einige andere Quecksilber-Thermometer. 63

meterstände, und daher auch auf Bergen weniger warm wird, als wenn oder wo das Barometer höher steht, so fällt das beständige in dem de l'Isle'schen Grade in so fern weg, daß eine Reduction damit vorgenommen, und so wie bey andern Thermometern eine bestimmte Barometerhöhe fest gesetzt werden muß. Uebrigens ist es unnöthig, daß ich mich bey dem de l'Isle'schen Thermometer hier länger aufhalte. Es ist von Quecksilber wie das Fahrenheit'sche, und unterscheidet sich von demselben nur in Ansehung der Eintheilung und der Art zu zählen. Da auch die von Celsiusus eingeführten schwedischen Thermometer von Quecksilber sind, so ist es hier ebenfalls genug, wenn ich anmerke, daß Celsiusus vom Punct des frierenden zum Punct des siedenden Wassers 100 Grade aufwärts zählt. Christin zu Inou soll eben diese Eintheilung auch gewählt haben. Endlich seitdem einige angefangen haben, Reaumur'sche Thermometer von Quecksilber zu machen, so gehören auch diese hieher. Man zählt darauf zwischen erstbemeldten zween Puncten 80 Grade. Dieses giebt folgende Vergleichung:

Quecksilberthermometer.

Fahrenheit.	de l'Isle.	Schweden, Celsiusus.	nach Reaumur.	
32	150	0	0	frierend Wasser.
212	0	100	80	siedend Wasser.
180	150	100	80	Unterschied, oder Theile des Zwischenraumes.

Fünfter Abschnitt.

Thermometer von Weingeist.

S. 116.

Bei den bisher angegebenen Vergleichungen habe ich die Ausdehnung der Materien durch die Wärme einander proportional gesetzt. Die Materien waren Luft, Leinöl und Quecksilber, und sie gehen auch in der That wenig von einander ab. Ich habe auch bereits schon (S. 98.) angemerkt, daß der Weingeist, zumal wenn er eingeschlossen ist, hieran eine Ausnahme mache, die man auch überhaupt bey allen wässerichten Materien findet. Reaumur wußte es, und dennoch gab er den Thermometern von Weingeist den Vorzug. Er ließ an seinen Thermometern große Kugeln von zween bis drey Zoll Durchmesser, und machte sie ge-

rade dadurch desto unempfindlicher und langsamer in ihrem Gange. Er wählte den Grad des frierenden Wassers oder schmelzenden Eises, und den vom siedenden Wasser zum Grunde der Eintheilung, und da er fand, daß sein Weingeist sich wie 1000 zu 1080 ausdehnte, so theilte er auch den Zwischenraum in 80 Theile,

§. 117.

Dieses schien alles ganz gut ausgedacht zu seyn, und viele, die lieber dem Herrn von Reaumur eine Höflichkeit erweisen als die Sache selbst untersuchen wollten, fanden seine zwei Abhandlungen hierüber vortreflich. Indessen waren nicht alle so leichtgläubig. Ein auf die Pariser Sternwarte, neben das alte la Hirische gesetzte Thermometer, wurde nach einigen Jahren gegen ein anderes, das besser gerathen seyn sollte, umgetauscht. Man hörte nach und nach von ganz ungläublichen Graden der Wärme sprechen, die in verschiedenen Welttheilen mit dem Reaumurischen Thermometer beobachtet worden. Die Vergleichung desselben mit Quecksilber-Thermometern wollte auch nicht von statten gehen. Ueberdies trat auch bald *MICHEL du CREST* auf, und beschuldigte das Reaumurische Thermometer, daß daran die zum Grunde gelegte Grade gar nicht getroffen worden, und besonders, daß sein Grad des siedenden Wassers nichts weniger als das, sondern nur der Grad des siedenen mittelmäßigen Weingeistes sey. *Martine* in seinen Abhandlungen über die Thermometer und Grade der Wärme führte ähnliche Klägden, und erhielt den Beyfall des Herrn von *Mairan*. Endlich hat auch ganz neulich Herr *de LUC* sich in seinen *Modifications de l'Atmosphère* über dem Reaumurischen Thermometer sehr lange aufgehalten, und die Mühe genommen, ein Thermometer zu verfertigen, welches nach Reaumurs Vorschrift eingetheilt war, um dessen Fehler noch mehr aufzudecken. Aus allem ergab sich, daß was Reaumur für 80 Grade ausgab, an seinen Thermometern in der That 90, 100 bis 110 Grade austrug, und daß sie nichts weniger als übereinstimmend waren.

§. 118.

MICHEL du CREST erhielt endlich den Grad des siedenden Wassers bey den Weingeistthermometern dadurch, daß er die Röhre oben zuschmelzte, ehe er sie ins siedende Wasser setzte. Vielleicht wußte er nach Anleitung des Papi-nischen Siedetopfes, daß eingeschlossen Wasser einer größern Wärme und Ausdehnung fähig ist, und so konnte er schließen, daß auch der Weingeist im Thermometer ganz eingeschlossen werden müsse, wenn er die Hitze des siedenden Wassers aushalten soll. Der Erfolg bestätigte seine Vermuthung, und so war er nun darauf bedacht, den Gang seines Thermometers mit dem von Leinöl und Queck-

Quecksilber zu vergleichen. Er fand, daß beyde letztere Materien wenig von einander, destomehr aber vom Weingeiste abgehen. Eben dieses fanden nachgehends auch andere, und unter diesen haben besonders *de Lvc* und *Strohm* yer ihre Versuche bekannt gemacht. Die Versuche gehen von 10 zu 10 Graden, und sind weitläufig und mühsam. Es ist auch für sich klar, daß wenn der eingeschlossene Weingeist mehr erwärmt wird, als er in offenen Gefäßen erwärmt werden kann, er sich, so zu sagen, in einem gezwungenen Zustande befindet, und eben daher auch die Grade seiner Ausdehnung einem ganz andern Gesetze folgen müssen.

§. 119.

Im Jahr 1765 machte ich mir zwey Thermometer von Quecksilber, und theilte daran den Raum vom frierenden zum siedenden Wasser in 80 gleiche Theile. Neben diese hieng ich einige Thermometer von Weingeist, und durch Vergleichung ihres Ganges mit jenen, theilte ich diese so ein, daß sie bey den gewöhnlichen Graden der Lustwärme mit einander übereinstimmten. Die von Quecksilber wurden durch Zufällen und Versuche bald verunglückt, und so blieben nur noch die von Weingeiste, mit denen ich auch fortfuhr, Beobachtungen und Versuche anzustellen. Ich suchte auch immer einen Vorrath davon zu erhalten, daß wenn auch einige zerbrechen sollten, ich noch immer andere übrig behielte, nach welchen ich neue einteilen konnte. Denn ich hatte schon 1751 durch Versuche gefunden, daß man Thermometer am sichersten gleichstimmend macht, wenn man sie neben einander hängt, und auf diese Art gleiche Grade der Wärme und Kälte darauf zeichnet.

§. 120.

Auf diesen Thermometern fand ich nun den Grad des stockenden und zu schmelzen anfangenden Wachses zwischen 57 bis 58, und zwar Winters und Sommers, mit weißem und gelbem Wachse ohne Unterschied. Die Wärme des Leibes nach dem Unterschiede der Tages- und Jahreszeiten, zwischen 30 und 32 Graden. Das frierende Wasser hatte ich an sich schon auf 0 gesetzt. Und in Schnee, der mit gleich viel Salz vermischt war, fand sich der 15 bis 16te Grad unter 0. Hieraus zog ich folgende Vergleichung:

Fahrenheit, von Quecksilber	Weingeist.	
32	0	frierend Wasser.
97	32	Wärme des Leibes.
142	58	stockend Wachs.
65	32	Unterschied der zween ersten Grade.
45	26	Unterschied der zween letzten.

Es zeigte sich hieraus ohne Mühe, daß die Unterschiede einander nicht proportional blieben, und daß ich für das siedende Wasser oder für den 212ten Fahrenheitschen Grad zween ganz verschiedene Grade für die Ausdehnung des Weingeistes herausbringen würde.

§. 121.

Ich fand auch ohne Mühe, daß da Fahrenheit vom frierenden zum siedenden Wasser 180 Grade setzt, der erste Unterschied die Analogie

$$65:32 = 180:89.$$

der andere aber

$$45:26 = 180:104.$$

angiebt. Nun ist 89 von 104 allzusehr verschieden, als daß der Unterschied bloß von der Unbestimmtheit der beobachteten Grade sollte herrühren können. Die Thermometer von Weingeist habe ich, wie bereits erwähnt worden, so getheilt, daß sie in den gewöhnlichen Graden der Witterung mit denen von Quecksilber zusammen stimmten. Und so hätte auch der Grad des siedenden Wassers der 80ste seyn sollen. Es zeigt sich aber hier, daß die Progression nicht gleichförmig fortgeht, sondern die Ausdehnung des Weingeistes mit zunehmender Wärme stärker zunimmt als die vom Quecksilber.

§. 122.

Endlich ließ ich es 1776 im Jenner auf einen Versuch ankommen, hielt eines der Weingeistthermometer über den Dampf des siedenden Wassers, und nachdem es schon ziemlich warm geworden, stellte ich es ganz hinein. Es stieg darinn bis auf 102½ Grad. Ich hatte mir inzwischen wiederum ein Thermometer von Quecksilber verfertigt, und dieses nebst dem oben (§. 81 — 89.) beschriebenen Luftthermometer, verglich ich sowohl in siedendem Wasser als in geringern

Graden der Wärme, und selbst auch in der damaligen strengen Kälte mit einander, um zu sehen, wiefern Weingeist, Quecksilber und Luft in ihrem Gange verschieden oder übereinstimmend sind. Luft und Quecksilber giengen ziemlich genau zu gleichen Schritten. Aber beym Weingeiste fand sich ein sehr merklicher Unterschied.

S. 123.

Die Vergleichung des Quecksilbers und Weingeistes war folgende:

Quecksilber	Weingeist.	
— 15, 0	— 14, 5	vor dem Fenster.
0, 0	0	frierend Wasser.
29, 7	32, 0	Wärme des Leibes im Bette.
50, 0	57, 0	schmelzend Wachs.
80, 0	102, 6	siedend Wasser.

Diese Vergleichung war hinreichend, um vermittelst der bekannten Einschaltungsarten eine Gleichung zu finden, welche alle Grade, so zwischen die beobachteten zween äußersten fallen, mit hinreichende Genauigkeit angiebt. Und die Gleichung ließ sich desto leichter finden, da beyde Thermometer bey dem Frierpunct gleich große Grade haben. Wenn demnach, von diesem Punct an aufwärts gerechnet, die Grade des Quecksilbers durch q , die vom Weingeiste durch w angedeutet werden, so gab die Beobachtung im siedenden Wasser an sich schon folgende Gleichung:

$$w = q + \frac{102,6 - 80}{80 \cdot 80} \cdot q \cdot q.$$

Statt dieser Gleichung sollte eigentlich eine ganze Reihe angenommen werden. Da ich es aber bey zwey Gliedern wollte bewenden lassen, so entstand die Frage: Ob nicht besser die Gleichung

$$q = w - \frac{102,6 - 80}{102,6 \cdot 102,6} \cdot w \cdot w = w - \frac{w \cdot w}{465,8}$$

anzunehmen sey. Denn beyde sind auf einerley Beobachtungen gegründet und geben für $q = 0$, und $q = 80$, die Werthe $w = 0$, und $w = 102,6$. Die Frage war also: welche von beyden die übrigen Grade näher angeben werde? Zu diesem Ende setzte ich in der erstern Gleichung $q = 50$, und erhielt $w = 58,33$. Die Erfahrung gab $w = 57,00$, und demnach merklich weniger. Nun setzte ich in der andern Gleichung $w = 57$, und erhielt $q = 50,03$. Die Er

fahrung gab $q = 50.$, welches so viel als nichts unterschieden ist. Ich habe demnach, daß die zweyte Gleichung zum Einschalten gebraucht werden mußte. Und da ich eigentlich w durch q finden wollte, so mußte ich sie in folgende

$$w = 232,88 - \sqrt{[232,88^2 - 465,76 q]}$$

auflösen.

§. 124.

Hierauf nahm ich q von 10 zu 10 Graden an, und fand die Werthe von w , welche in der zweyten Columne folgender Tafel vorkommen. Diese verminderte ich in der Verhältniß von 102,6 zu 80, um den Siedepunct auf den 80sten Grad zu setzen. Diese verminderte Grade kommen in der 3ten Columne vor. Die drey folgenden Columnen geben eben diese Grade nach des *du CREST*, *de LUC* und *Strohmayers* Beobachtungen an, so daß sie also hiemit verglichen werden können.

Quecksilber	Weingeist.				
	Nach meinen Versuchen.	<i>du CREST.</i>	<i>de LUC.</i>	Strohmayer.	
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	10,23	7,98	7,94	7,90	8,03
20	20,94	16,23	16,27	16,50	16,45
30	32,23	25,13	25,05	25,60	25,30
40	44,19	34,46	34,36	35,10	34,66
50	56,97	44,41	44,31	45,30	44,63
60	70,75	55,16	55,06	55,20	55,36
70	85,81	66,91	66,83	67,80	67,05
80	102,60	80,00	80,00	80,00	80,00

§. 125.

MICHEL *du CREST* hat eigentlich seine Vergleichung in solchen Graden vorgenommen, deren er von der Kellerwärme der Pariser Sternwarte bis zum siedenden Wasser 100 rechnet. Er legte die Grade des Weingeistthermometers von 10 zu 10 zum Grunde, und bestimmte durch Versuche die entsprechende Grade von Quecksilber und Leinöhl. Die Versuche selbst giebt er nicht an, sondern eine Tafel, welche er durch Einschalten berechnet hat, und woben die zweyten Differenzen beständig sind. Wenn ich seine Grade aufwärts gerechnet für Weingeist, Quecksilber und Leinöhl durch V, Q, O ausdrücke, so können statt seiner Tafel folgende zwei Formeln dienen:

$$Q = \frac{1900 V - 4 W}{1500}$$

$$O = \frac{1100 V - 2 VV}{900}$$

welche alle seine Zahlen genau angeben. Die Grade V, Q, O, werden hier vom Punct der Kellerwärme gezählt. *Du CREST* setzt auf seinem Thermometer den Eis punct bey dem Grad $-10,4$, wiewohl er Anfangs viel Schwierigkeiten machte, um vielmehr sein *Temperé de la terre*, als den Punct angeben zu können, von welchem die Zählung anfangen müsse. Mitteltst dieses Grades $-10,4$, lassen sich nun die Formeln in andere verwandeln, wo bey dem Eis punct 0, und bey dem siedenden Wasser 80 gesetzt wird. Eine solche Rechnung hat *de LVC* vorgenommen. Und da ich es unnöthig erachtete, ihm nachzurechnen, so habe ich in vorstehender Tafel die Zahlen ange setzt, die ich in dem ersten Bande des *de LVC* schen Werkes (S. 425. i. S. 323.) vorgefunden.

§. 126.

Strohmayer giebt ebenfalls seine Versuche selbst nicht an, sondern eine Tafel, welche er als mit den Versuchen genau übereinstimmend ansieht. Zwischen dem Frier- und Siedepunct setzt er 80 Grade. Er nimmt so wie *du CREST* den Gang des Weingeistes als gleichförmig an, und setzt für Quecksilber die zweyen Differenzen beständig. In seiner Anleitung übereinstimmende Thermometer zu verfertigen, kömmt S. 42. seine Tafel vor. Sie ist nach der Formel

$$q = 1,272 w' + 0,0034. w'w'.$$

berechnet, woraus hinwiederum

$$w' = 187,06 - \sqrt{(34991,44 - 294,12.q)}$$

folgt. Und mittelst dieser Formel sind die Zahlen der letzten Columne berechnet worden.

§. 127.

Man sieht aus der Tafel, daß die 4 letzten Columnen nur in Kleinigkeiten von einander abgehen, daß der Unterschied bey *de LVC* am größten ist, und daß meine Bestimmung zwischen denen von *du CREST* und *Strohmayer* so ziemlich das Mittel hält. Ich finde also nicht Ursache von meiner Bestimmung abzugeben. *De LVC* war unstreitig sehr eifrig, und trägt in seinem Werke un gemein Sorge, daß seinen Lesern auch nicht das geringste von seinen Bemühungen unbekannt bleibe, damit sie ihm sein Dank dafür wissen mögen. Meines Erachtens wird die Sache selbst dadurch nicht gut gemacht. Sie bleibt was sie ist, und

muß immer an und für sich betrachtet werden. Und so hätte *de Lvc* in einem 4mal kleinern Werke 4mal mehr sagen können als er wirklich gesagt hat. Ich verstehe, daß das Gesagte nicht nach den Worten, sondern nach den Gedanken müsse gemessen werden.

§. 128.

Der Umstand, daß wenn entweder *q* oder *w* nach gleichen Unterschieden anwächst, sodann nicht die zweyten Differenzen von *w*, sondern die von *q* beständig bleiben, und nicht die erste, sondern die zweyte Formel des 123. §. gebraucht werden muß, dieser Umstand, sage ich, scheint etwas auf sich zu haben. *MICHEL* *du CREST* und *Strohmayer* geben dem Weingeiste, in Absicht auf die Gleichförmigkeit des Ganges, den Vorzug, und theilen eben daher die Weingeistthermometer in gleiche, hingegen die Quecksilberthermometer in ungleiche Theile, weil sie glauben, daß sie auf diese Art die Grade der Wärme selbst besser ausdrücken. Ich habe aber bereits (§. 98. 108.) angemerkt, daß der gezwungene Zustand des eingeschlossenen Weingeistes dieses nicht gestattet. *Du CREST* selbst fand, daß der Gang des Leinöles fast eben so viel als der Gang des Quecksilbers von dem Gange des Weingeistes abweicht. Also müßte der Weingeist, der doch so leicht anfängt zu sieden, das will sagen, in einen gewaltsamen Zustand zu kommen, etwas ganz eigenes haben, wenn er eingeschlossen, seine Ausdehnung genau nach den Graden der Wärme proportioniren sollte.

§. 129.

Die Zahlen der zweyten Columne sind die eigentliche Grade von meinen Weingeistthermometern. Ich sahe sie gewissermaßen als *Reaumur'sche* Grade an, und sie sind es, in so fern sie in der Nähe des Frierpuncts mit einem *Reaumur'schen* Quecksilberthermometer (§. 115) übereinstimmen. Indessen wünschte ich doch zu wissen, was allenfals *Reaumur* selbst dazu sagen würde, wenn er noch lebte und noch eben so dächte, wie Anfangs. Nun hatte *Reaumur* den *Abt Nollet* in seiner Kunst Thermometer zu machen, unterrichtet. Er erhielt auch von *Nussenbroeck* jährlich thermometrische Beobachtungen, die aber mit einem *Fahrenheit'schen* Quecksilberthermometer angestellt worden. Dieses veranlaßte ihn, den Gang des *Fahrenheit'schen* mit dem Gang des seinigen durch den *Abt Nollet* vergleichen zu lassen. (*Mem. de l'Acad. de Paris 1739.*) Dieser fand: daß in der Gegend des Frierpuncts 10 *Reaumur'sche* Grade von Weingeist 20 $\frac{1}{2}$ Graden des *Fahrenheit'schen* Thermometers von Quecksilber gleich sind. Es wird übrigens nicht angegeben, wie diese Vergleichung angestellt worden, ob *Nollet* ein *Fahrenheit'sches* Thermometer aus Holland haben kommen lassen, oder ob er selbst eines verfertigt habe. *Reaumur* bediente sich

inzwischen dieses Verhältnisses und die Muschenbrückische Beobachtungen, oder eigentlich nur die größten und kleinsten Grade eines jeden Monats in Graden des Reaumur'schen Thermometers vorzustellen.

§. 130.

Es folgt nun hieraus, daß wenn die Ausdehnungen des Weingeistes und Quecksilbers einander proportional blieben, der Weingeist sich in siedenden Wasser bis auf den 87sten Reaumur'schen Grad ausdehnen würde. Nollet führt auch wirklich diesen Grad in seinen *Leçons de Physique* an, wo er erzählt, daß in einem seiner Versuche vom frierenden zum siedenden Wasser das Quecksilber sich in letztem in Zeit von 15 Secunden um $\frac{1}{1000}$, das Wasser in einer halben Minute und etlichen Secunden um $\frac{3}{1000}$, der Weingeist in Zeit von 82 Secunden um $\frac{8}{1000}$, und das Leinöl in Zeit von 3 Minuten um $\frac{7}{1000}$ seines Raumes ausgedehnt habe. Hier trifft die Angabe vom Leinöl mit Newton's Versuche (§. 105.) ziemlich überein. Hingegen bleibt das Quecksilber um $\frac{1}{1000}$ Theil zurück, weil es nach *de l'Isle* und anderer Versuchen sich um $\frac{1}{1000}$ hätte ausdehnen sollen. (§. 114.) Vielleicht wartete Nollet der Zeit der völligen Ausdehnung nicht ganz ab; und so möchten wohl auch die 87 Grade des Weingeistes um etwas vermehrt werden können, zumal, da Nollet die Röhren nicht ganz in das Wasser gehalten hat. Indessen ist mir längst schon ein Verzeichniß von Reaumur'schen Graden der Wärme vorgekommen, wo der Grad des siedenden Wassers auf 87 angefest war.

§. 131.

Da nun Fahrenheit vom frierenden zu siedenden Wasser 180 Grade setzt, so konnte Nollet schließen, daß wenn 87 Grade 180 geben, 10 Grade so viel als $20\frac{2}{3}$ austragen werden. Dabey würde aber frenlich vergessen worden seyn, daß Quecksilber und Weingeist in ihren Ausdehnungen nicht zu gleichen Schritten gehen. Dieses alles macht mir das von Reaumur angegebene Verhältniß der Grade seines Thermometers zum Fahrenheit'schen so viel als unbrauchbar. Hingegen, da er den Grad der Wärme des Leibes auf 32 Grade setzt, und ich ihn an meinen Weingeistthermometern eben so finde, so habe ich mehr Ursache hieraus zu schließen, daß meine Thermometer von dem seinigen bey den ersten 30 Graden wenig oder nichts verschieden seyn werden. Und daraus folgt, daß man durch das im 119 §. erzählte Verfahren die Reaumur'sche Stufenleiter ziemlich gut treffen könne. Man sieht aber zugleich auch, daß ich, so zu sagen, ganz zufälligerweise auf ein Verfahren gekommen bin, welches man statt des Reaumur'schen viel mißlichern Verfahrens gebrauchen kann. Dieser Zufall hat ferner noch das besonders auf sich, daß ungeachtet Reaumur den Grad des siedenden

Wassers verfehlt, und statt dessen den Grad des siedenden Weingeistes genommen hat, er ohne sein Wissen dadurch eine Stufenleiter erhalten hat, welche in der Gegend des Frierpuncts seine Weingeistthermometer mit den nach ihm genannten Quecksilberthermometer übereinstimmend macht. Dieses will ich indessen nicht von allen seinen Thermometern verstanden wissen. (§. 117.) Es gilt aber gerade von demjenigen, auf welche Reaumur's eigene Beobachtungen und Regeln, kurz, seine ganze Sprache sich bezieht, und welches demnach das wahre Reaumur'sche Weingeistthermometer ist. Von diesem gilt es demnach, daß in der Gegend vom Frierpunct 8 Grade so viel als 15 *de l'Isis*che, oder 18 Fahrenheit'sche Quecksilbergrade austragen, weil sie 8 Reaumur'schen Quecksilbergraden gleich sind.

§. 132.

Herr *de Lvc* hat sich viele Mühe gegeben, das was ich zufälligerweise gefunden, auf eine sehr umständliche Art zu finden. Er setzte sich nemlich vor eigentlich Reaumur'sches Thermometer zu machen. Er wählte den dazu nothwendigen mittelmäßigen Weingeist nach Reaumur's Vorschrift, und theilte das Thermometer ebenfalls nach Reaumur's Vorschrift und Beobachtungen ein, und beurtheilte zugleich auch, wo er der Vorschrift oder den Beobachtungen zu folgen habe. Dieses war erfordert, weil Reaumur selbst seiner Vorschrift nicht immer in der Ausübung genau nachgekommen, und daher auch die Beobachtungen nicht immer der Vorschrift, sondern der Ausübung gemäß waren. Herr *de Lvc* verglich nun sein eigentlich Reaumur'sches Weingeistthermometer mit seinem Reaumur'schen Quecksilber-Thermometer, und fand folgende übereinstimmende Grade:

Quecksilber	Weingeist.	
80,0	100,40	siedend Wasser.
66,6	80,00	Weingeist der aufhört zu sieden.
29,9	32,50	Wärme des Leibes.
9,6	10,25	Keller der Pariser Sternwarte.
— 0,8	0,00	frierend Wasser.
— 17,0	— 15,00	gesalzen Eis.

Es ist sehr unnöthig, diese weitläufige Vergleichung und Beurtheilung des Herrn *de Lvc* hier auch zu beurtheilen. Der Unterschied der 4 letzten Columnen der Tafel (§. 124.) würde mit in Erwägung kommen. Genug, daß *de Lvc* das wahre Reaumur'sche Thermometer ziemlich gut getroffen, und daß ich eben nicht Ursache habe, von meiner Eintheilung abzugehen, so sehr sie auch nur zufälligerweise eingetroffen. Reaumur's fehlerhafte Thermometer werden dadurch nicht gut

gut gemacht, und bey den zahlreichen damit angestellten Beobachtungen muß immer, so fern es sich thun läßt, aus andern Beobachtungen entschieden werden, auf welchen Grad man das siedende Wasser setzen soll. Denn nach Reaumur sollte es der 80ste seyn. Bey Nollet war er 87 und mehr. *De LUC* setzt den 100ten, und es hat auch solche gegeben, wo *du CREST* den 115ten fand. Vermuthlich gab es auch solche, die einen noch größern Grad voraus setzten. Die Wärme in Syrien soll bis auf den 50sten Reaumurischen Grad, die in Senegal bis auf den 39sten Grad gestiegen seyn ic.

§. 133.

Auf diese Art mußten die Reaumurischen Thermometer, worunter ganz gewiß auch viele nachgemachte waren, nach und nach alle die Klägden über sich ergeben lassen, die man über die Florentinische überhaupt führte. (§. 33.) Des *du CREST* und *Martine* Erinnerungen über die wesentliche Fehler, erschienen zwar bald genug in öffentlichem Drucke. Ueberdies erinnerte Reaumur selbst, daß man den Gang des Quecksilbers, dem vom Weingeiste nicht proportional setzen müsse. Dessen unerachtet fuhr man getrost fort, die mit Fahrenheit'schen, *de l'Is*'schen und schwedischen Quecksilberthermometern angestellten Beobachtungen auf Reaumurische, und diese auf jene nach den im §. 115. angegebenen Verhältnissen zu reduciren, als wenn zwischen Weingeist und Quecksilber gar kein Unterschied wäre. *Martine* verfällt durchaus in diesen Fehler, und macht eben daher seine Vergleichungstafel von 15 verschiedenen Thermometern sehr unrichtig. *Braun* in den *Nov. Comment. Acad. Petrop. T. VII.* nimmt zwar in seiner Vergleichungstafel mehrerer Thermometer auf den Unterschied zwischen Weingeist und Quecksilber Rücksicht, so daß er für siedend Wasser dem Reaumurischen Quecksilberthermometer 80, dem von Weingeiste aber 93 Grade giebt, und eben daher den wahren Reaumurischen Weingeistthermometer nicht trifft, weil dieser wenigstens 100 Grade haben muß. Ueberdies trägt *Braun* der Ungleichheit des Ganges beyder Thermometer gar nicht Rechnung. Andere Fehler in seiner Tafel zu berühren, wird demnach ganz unnöthig seyn.

§. 134.

Das bisher gesagte betrifft die Vergleichung des Quecksilbers und des Weingeistes, in Absicht auf die ungleiche Ausdehnung, so weit sie durch wirkliche Versuche hat können bestimmt werden. Ich werde nun zur Vergleichung des Weingeistes und der Luft fortschreiten. *Amontons* glaubt bemerkt zu haben, das sein Luftthermometer mit dem von Weingeiste zu gleichen Schritten gehe. Hievon mußte er sich allerdings voraus versichern, weil er letztern nach erstem eintheilen

wollte. Er giebt aber keine umständliche Versuche an. Und es ist sehr vermuthlich, daß seine Vergleichung sich nur auf die gewöhnlichen Grade der Witterung bezogen habe, die sich eben nicht sehr weit erstrecken. Aus diesem Grunde hätte *de LUC* unbesorgt seyn können, und gar nicht nöthig gehabt, an dem *Amontons*-schen Thermometer alle nur ersinnliche Unvollkommenheiten aufzusuchen, damit es je nicht seinem Quecksilberthermometer den Rang streitig mache. Dieses wird durch den Tadel von jenem um nichts besser. Es bleibt vor wie nach was es ist. *Amontons* giebt seine Beobachtungen zuweilen nur in ganzen und halben Zollen an, und scheint eben daher sich begnügt zu haben, daß seine Schlüsse, im Ganzen betrachtet, mit der Erfahrung übereinstimmen. Dieses wollte er eigentlich wissen. Bey längerem Leben würde er sich wohl auch um die genauere Bestimmungen mehr umgesehen haben. So war die erste Waage wohl nicht die feinste Goldwaage. Genug, daß die Erfindung einmal da war. Uns Verfeinern läßt sich dann schon auch denken.

§. 135.

Um nun eigentlich zu sehen, was es mit der Ausdehnung der Luft und des Weingeistes für eine Verwandtniß habe, zog ich längst schon die mit den oben (§. 69. 90.) erwähnten Luftthermometern 1751 gemachten Beobachtungen hervor, weil ich sie Jahre lang zugleich mit dem Weingeistthermometer und Barometer aufgezeichnet hatte. Es waren bloß Wetterbeobachtungen, und blieben eben daher in engern Schranken. Da ich aber aus Beobachtungen von mehreren Tagen das Mittel nehmen konnte, wodurch die kleinern Ungleichheiten gehoben wurden, so fand ich in der That, daß die Ausdehnung der Luft mit der von dem Weingeiste nicht zu gleichen Schritten geht. Denn nach dem Mittel aus allen Beobachtungen trafen folgende Grade zusammen:

Weingeist- thermome- ter.	Luftthermo- meter.
0	1000
15	1059
30	1110

Das Thermometer von Weingeist war Reaumurisch; und traf, so viel ich aus mehreren Vergleichen schließen kann, mit meinen dormaligen so ziemlich zusammen. Hingegen in Ansehung des Luftthermometers kann ich nicht sagen, daß die Einteilung vollkommen richtig sollte gewesen seyn. So viel ich mich erinnere, habe ich die Größe der Grade nur mittelst der Neigung der Röhre bestimmt. Diese Art ist aber etwas mißlich. Es mögen nun aber die Grade etwas zu groß oder zu klein seyn, so ist ihr wahrer Anfang bey 1000 richtig, und die Grade sind den wahren wenigstens genau proportional. Dieses ist schon genug, um sicher schließen zu können, daß der Gang beyder Instrumente ungleich ist. Denn für die ersten 15 Grade des Weingeistes sind 59 Grade des Luftthermometers, und für die folgenden 15 Grade nur 51.

§. 136.

Die strenge Kälte im Jenner 1776 gab mir einen nähern Anlaß, die Vergleichung nicht nur zu wiederholen, sondern von dem 15ten unter dem Frierpunct bis zum Grade des siedenden Wassers; folglich auf $117\frac{1}{2}$ Reaumurische Grade auszu dehnen und auf alle Umstände Rücksicht zu nehmen. Das dazu gebrauchte Luftthermometer habe ich oben (§. 72. 81 — 88.) umständlich beschrieben, und eben so auch das von Weingeist. (§. 119. u. f.)

Die Versuche, nebst der Berechnung, enthält folgende Tafel:

Weingeist- thermome- ter.	Luftthermo- meter.	Barometer	Summe	Raum der Luft.	Product durch 100 getheilt.	Wärme.
Grade.	Linien.	Linien.	Linien.	Gran.		Grade.
— 15, 1	110, 5	340, 3	450, 8	1215, 7	5480	924
— 11, 3	115, 2	341, 0	456, 2	1221, 8	5574	939
— 9, 5	120, 3	338, 0	458, 3	1228, 1	5628	949
— 2, 8	130, 0	340, 7	470, 7	1240, 3	5838	984
— 1, 0	132, 0	341, 0	473, 0	1243, 2	5880	991
— 0, 3	133, 0	341, 0	474, 0	1244, 2	5898	993
0, 0	— —	— —	— —	— —	5933	1000
+ 5, 4	143, 2	340, 3	483, 5	1257, 2	6678	1024
+ 6, 8	147, 0	338, 0	485, 0	1261, 7	6119	1031
+ 10, 3	151, 3	339, 5	490, 8	1267, 1	6219	1048
+ 10, 8	150, 0	341, 0	491, 0	1265, 6	6214	1047
+ 11, 8	151, 0	340, 7	491, 7	1266, 8	6229	1050
+ 14, 1	153, 5	340, 7	494, 2	1270, 1	6277	1058
+ 14, 6	154, 5	340, 7	495, 2	1271, 4	6296	1061
+ 23, 4	167, 0	340, 0	507, 0	1287, 3	6527	1100
+ 23, 9	168, 0	340, 0	508, 0	1288, 4	6546	1103
+ 25, 4	169, 5	340, 0	509, 5	1290, 0	6573	1108
+ 26, 0	170, 0	340, 0	510, 0	1290, 9	6584	1110
+ 26, 4	171, 0	340, 7	511, 7	1292, 0	6611	1114
+ 32, 9	180, 0	340, 5	520, 5	1303, 1	6783	1143
+ 34, 4	181, 0	340, 0	521, 0	1304, 3	6795	1145
+ 36, 4	183, 0	339, 9	522, 9	1306, 8	6833	1152
+ 39, 4	188, 0	340, 7	528, 7	1313, 2	6943	1170
+ 53, 4	202, 6	341, 0	547, 6	1330, 3	7285	1228
+ 102, 6	248, 5	341, 0	589, 5	1384, 9	8164	1376

§. 137.

Diese Versuche habe ich den 31sten Jenner, 1. und 2ten Hornung 1776. angestellt. Die verschiedene Grade der Wärme fand ich vor dem Fenster, in zwey nicht gewärmten Zimmern, in zwey gewärmten Stuben, in Wasser, welches auf den Ofen gestellt wurde, und endlich in siedendem Wasser. Die Ruzeln beyder Thermometer wurden jedesmal genau neben einander gestellt, damit

der Unterschied des Ortes nichts daran ändern konnte. Sie hingen tief von dem Brettchen herunter, an welchen die Stufenleitern angebracht waren. In dem Luftthermometer zählte ich die Linien, um so viel das Quecksilber in C (3. Figur) höher stand als in B, nebst ihren Decimaltheilen. Diese Höhen E C enthält die zweite Columne vorstehender Tafel. In der dritten kommen die zu gleicher Zeit beobachteten Barometerhöhen vor. Die vierte giebt die Summen von beyden, und folglich den Druck an, den die Luft in der Kugel auszuhalten hatte. In der fünften wird der Raum der Luft durch das Gewicht eines gleich großen Raumes von Quecksilber vorgestellt. Dieses sind demnach die beobachteten Maaße.

§. 138.

Da nun die Kraft der Wärme in zusammengesetzter Verhältniß des Druckes und des Raumes ist, (§. 66.) so habe ich auch eine jede Zahl der 4ten Columne mit der zugehörigen Zahl der fünften multiplicirt, aber Kürze halber von den Producten nur die 4 ersten Zahlen in der 6ten Columne angeführt. Diese sind demnach der Kraft der Wärme in gleich dichter Luft (§. 49. 50.) proportional.

§. 139.

Hierauf zeichnete ich diese Zahlen oder eigentlich nur ihren Ueberschuß über 5000 als Ordinaten zu den Zahlen der ersten Columne als Abscissen betrachtet, theils um zu sehen, wiefern die Punkte in einer einförmig fortgehenden Linie liegen würden, theils um diese Linie durch die Punkte oder wenigstens so zwischen denselben durchzuziehen, daß sie am wenigsten davon abweiche, und dennoch eine so viel möglich einförmige Krümmung erhielt. Die Construction zeigte, daß die Abscisse 0 mit der Ordinate 5933 zusammen traf. Ich theilte demnach durch 5,933 alle Zahlen der sechsten Columne, und schrieb die Quotienten in die siebende. Diese stellen demnach die Grade der Wärme oder des Luftthermometers vor.

§. 140.

Eben diese Zeichnung diente mir nun ferner statt einer Formel zum Einschalten. Ich theilte die letzte Ordinate, so weit sie über die vom frierenden Wasser hinausgeht in 8 gleiche Theile, und zog durch die Theilungspuncte gerade Linien mit der Abscissenlinie parallel. Wo diese die krumme Linie durchschnitten, da merkte ich die Punkte an, und mas die dazu gehörigen Abscissen. Auf diese Art erhielt ich folgende Tafel:

Grade des Luftthermo- meters.	Eben diesel- be nach ach- ziger Theilen	Grade des Weingeist- therm.
1000	0	0, 0
1047	10	10, 0
1094	20	20, 9
1141	30	32, 1
1188	40	43, 9
1235	50	55, 3
1282	60	68, 9
1329	70	84, 4
1376	80	102, 6

§. 141.

Hier kann nun die 3te Columne mit der 2ten der oben (§. 124.) gegebenen Tafel verglichen werden. Man sieht nemlich hier, daß wenn die Grade des Luftthermometers vom frierenden zum siedenden Wasser in 80 Theile getheilt, und diese von 10 zu 10 arithmetisch fortgehend genommen werden, die Ausdehnung des Weingeistes nicht zu gleichen Theilen fortgeht, sondern immer schneller anwächst. Eben dieses zeigte sich im 124ten §. in Ansehung des Quecksilbers. Es wurden daselbst die Grade des Quecksilberthermometers von 10 zu 10 fortgezählt, und es fand sich, daß die Grade nicht gleich, sondern immer schneller zunahmen. Soll demnach Luft und Quecksilber zu gleichen Schritten gehen, so muß die dritte Columne der gegenwärtigen Tafel mit der zweyten Columne der obigen (§. 124.) durchaus einerley Zahlen enthalten. Der Unterschied ist sehr geringe, und kann vielleicht ganz auf die bey solchen Versuchen unvermeidliche kleine Fehler geschoben werden. Es folgt also hieraus, daß, so weit sich diese Versuche erstrecken, das Quecksilberthermometer mit dem Luftthermometer, wo nicht ganz, doch ohne merklichen Unterschied zu gleichen Schritten geht. Da nun das Luftthermometer die eigentliche Grade der Wärme angiebt, so folgt, daß auch bey dem Quecksilberthermometer gleiche Grade der Ausdehnung gleich große Unterschiede der Wärme anzeigen, wenigstens so weit diese Versuche gehen. Denn weiter folgt der Schluß hier nicht. Wohl aber folgt hieraus, daß die Grade des Weingeistthermometers mit den Graden der Wärme nicht zu gleichen Schritten gehen, sondern schon vom 20sten Reaumurischen Grade anfangen merklich schneller anzuwachsen. Da nun die gemeinen Wetterbeobachtungen selten über den 25. oder 26sten Grad der Sommerwärme hinausgehen, so mag immerhin das Weingeistthermometer diesen Beobachtungen gewidmet bleiben. Sein Gebrauch ist ohne

hin sehr eingeschränkt. Es ist daher anzurathen, daß die Weingeistthermometer nach dem Quecksilberthermometer eingetheilt werden, so wie ich es oben (S. 119.) beschrieben und selbst gethan habe. Beyde treffen sodann, so weit die Wetterbeobachtungen sich erstrecken, zusammen, und bey größern Graden kann die Reduc-tion leicht vorgenommen werden.

S. 142.

Die Zahlen der dritten Columne in der Tafel nehmen gegen das Ende so schnell zu, daß sie durch eine Gleichung von der Form $a x + b x^2$ nicht durchaus vorgestellt werden können. Dieses zeigt den schon einigemal erwähnten gezwungenen Zustand des eingeschlossenen Weingeistes in starker Wärme genugsam an. Es ist übrigens nicht nöthig eine Formel zu suchen, die weiter als bis auf den 50sten oder 60sten Grad genau sey, weil die Weingeistthermometer in größern Graden der Wärme selten gebraucht worden sind, und so viel ich weiß, nie anders, als in eben der Absicht, in der ich ihn hier gebraucht habe, nemlich den Grad seiner Ausdehnung zu bestimmen. Für geringere Grade mag folgende Formel hinreichend sey,

$$w = x + \frac{1}{400} x x,$$

wobey x die Grade der zweyten, w aber die von der dritten Columne vorstellt. Sie giebt folgende Werthe:

x	w
10	10, 2
20	21, 0
30	32, 2
40	44, 0
50	56, 2
60	69, 0

welche von denen in der Tafel wenig verschieden sind. Der größte Unterschied ist bey $x = 50$. Er kann vielleicht zum Theil von der Erfahrung selbst herrühren. Ich habe wegen der Mühe, das Wasser in einem Grad der Wärme zu erhalten, der zwischen die Wärme der Luft und die vom siedenden Wasser fällt, den Versuch nur einmal angestellt. Und so kann ein geringer Umstand einen Unterschied verursacht haben. Uebrigens dient die Formel eben nicht zum Probiesteine, weil sie eigentlich nur gewidmet ist, die Werthe von x , w auf eine leichte und erträglich genaue Art unter sich zu vergleichen, und zwar, ohne daß ihr Gebrauch weiter ausgedehnt werde, als die Weingeistthermometer gemeiniglich gehen. In dieser Absicht wird es nun dienlicher seyn, anstatt der Zahlen der zweyten Columne, die von der ersten zu nehmen. Diese seyn $= 1000 + \lambda$, so wird die Formel in folgende verwandelt:

$$w = \frac{\lambda}{4,7} + \frac{\lambda\lambda}{8836}$$

weil

$$x = \frac{80}{376} \lambda = \frac{1}{4,7} \lambda$$

ist. Daraus folgt nun hinwiederum

$$1000 + \lambda = 1000 + 940 \cdot \left[-1 + \sqrt{1 + \frac{w}{100}} \right]$$

eine Gleichung, mittelst welcher die Grade des Weingeistthermometers in Grade des Luftthermometers verwandelt werden können, jedoch unter erstbemeldter Einschränkung, daß man den Gebrauch nicht bis zum Grad des siedenden Wassers ausdehne.

Sechster Abschnitt.

Einige benannte Thermometer von Weingeist.

§. 143.

So begierig auch die Weingeistthermometer Anfangs aufgenommen worden, so viel haben sie auch Verwirrung verursacht, und Mühe gemacht, bis man endlich ihre Sprache näher hat kennen lernen. Des vorhergehenden langen Abschnittes unerachtet, sind wir noch nicht zu Ende. Man hat mit Weingeistthermometern eine ungemeine Menge von Versuchen angestellt, die so viel als unnütz werden, wenn man die Sprache derselben nicht kennt, das will sagen, wenn man ihre Stufenleitern nicht versteht. Martine und Braun machten fehlergeschlagene Versuche. (S. 133.) Auch du CREST fieng zeitig an, einige Thermometer mit dem feinigsten zu vergleichen. De LUC giebt auch einige Vergleichen, und man findet dergleichen hin und wieder. Sie gehen aber auch von einander ab, und machen eine nochmalige Untersuchung nicht überflüssig. Ich denke auch dabei nicht, schlechtthin nur Quecksilber und Weingeistthermometer auf einander zu reduciren, sondern vielmehr auf die wahren Grade der Wärme Rücksicht zu nehmen. Diese Grade sind zwar freylich in allem, was das Weingeistthermometer betrifft, so wenig von einander verschieden, daß man sie zu tausendsten Theilen rechnen muß, um die Unterschiede bestimmt genug anzugeben. Man kann nicht mit Newton sagen: die Hitze des siedenden Wasser sey 3mal größer als

als die Sommerhitze, die vom glühenden Eisen sey 3 bis 4mal größer als die vom siedenden Wasser zc. Die Thermometer müßten ganz anders aussehen, wenn die Grade der Wärme nach einem solchen Maasstabe fortgehen sollten. So aber lautet es sehr unmaßdrücklich, wenn man sagen muß, die Hitze des siedenden Wassers sey etwa um $\frac{1}{4}$ größer als die Sommerwärme, oder siedend Wasser sey nicht viel über $\frac{1}{2}$ wärmer als frierendes. Und doch ist diese Sprache richtig, wenn man alles wirklich warm nennt, was noch kälter werden kann. Das alles aber hindert nicht, daß es nicht ganz gut seyn sollte, wenn wir uns um die wahre Sprache umsehen. Dieses kann nun Kürze halber so geschehen, daß da ich das wahre Reaumur'sche Weingeistthermometer bereits mit dem Luftthermometer verglichen (§. 134—142.) es genug seyn wird, andere Weingeistthermometer auf das Reaumur'sche zu reduciren.

I. De la HIRE.

§. 144.

Das erste Thermometer von Weingeist, so hier in Erwägung kömmt, ist das von *La HIRE*, dessen ich schon oben (§. 56.) Erwähnung gethan. Es ist von ihm seit 1670 und auch nach seinem Tode in die 80 Jahre gebraucht worden, um jedes Jahr die größte Sommerwärme und größte Winterkälte anzugeben. Und dieses wurde jährlich in den Mem. de l'Acad. des Sciences de Paris bekannt gemacht. Man sah es lange Zeit als das einzige an, womit die strenge Winterkälte 1709 beobachtet und aufgezeichnet worden. Und nun, da es schon lange gebräuchlich ist, muß man erst sehen, ob man seine Sprache errathen kann.

§. 145.

La HIRE selbst gab hiezu zwey Merkmale an: 1°. Im Keller der Sternwarte stund es immer bey 48 Grade. Dieses immer ist nicht ganz richtig. *Mariotte* hatte lange vor *La HIRE* gezeigt, daß die Wärme in diesem Keller nicht ganz unveränderlich ist. 2°. Daß es auf dem Felde friere, wenn das Thermometer im offenen Saal bey 32sten Grad steht. Dadurch wird der Grad des Frostes nicht bestimmt. Nun hätte *Amontons* durch die Vergleichung mit seinem Thermometer hier Rath schaffen können. Diese nahm aber *La HIRE* erst nach desselben Tod vor. Er beobachtete zweyen Grade, nemlich:

<i>La HIRE.</i>	<i>Amontons</i>	
28	$51\frac{1}{2}$	Dieses ist <i>Amontons</i> Frierpunct (§. 78.)
63	$55\frac{2}{3}$	

Und diese führt er an, um sie mit seinem 48sten Grade und mit dem 54sten des Amontons zu vergleichen, und endlich den Schluß zu machen, Amontons Röhre sey vermuthlich mehr ungleich als die an seinem Thermometer, gerade als wenn bey Amontons Thermometer die Ungleichheit der Röhre etwas auf sich hätte. Endlich sagt *la HIRE* den Ausspruch bey, er glaube, es werde nie möglich seyn, gleichstimmende Thermometer zu machen. Hieraus folgt nun so viel, daß *la HIRE* bey der Vergleichung gewiß nicht die Absicht hatte, übereintreffende Grade aufzusuchen und dann die Uebereinstimmung anzupreisen. Dieser Verdacht fällt nicht auf ihn. Aber dadurch kann der gegenseitige Verdacht noch immer gehegt werden. Eigentlich müssen zu solchen Vergleichungen sehr entfernte Grade genommen werden. *La HIRE* machte sie im Jahr 1709. Er muß also wenig neugierig gewesen seyn, zu sehen, wie tief damals in der so strengen Kälte das Amontonsche Thermometer fallen würde, da *la HIRE* das seinige auf dem 5ten Grad fand.

§. 146.

Reaumur nahm sich nachgehends der Sache mehr an. Freylich erst nach des *la HIRE* Tod. Denn dieser möchte wohl durch des Reaumur Thermometer von seiner Unglaublickeit nicht bekehrt worden seyn, weil sie zu sehr verschieden ausfielen. Reaumur ließ eines von seinen Thermometern, und nachgehends ein anderes neben das *la HIRE*sche hängen, um alle *la HIRE*sche Beobachtungen in die Sprache seines eigenen Thermometers übersetzen, und besonders auch die Kälte von 1709 darauf anzeigen zu können, damit diese Kälte mit denen von künstigen sehr strengen Wintern könne verglichen werden. Zu diesem Ende setzte er beyde Thermometer in künstlich gemachtes Eis, und als das *la HIRE*sche bey dem vorherbezeichneten 5ten Grad stand, zeichnete er den Grad, wo das seinige stand, und dieses war der 15te Reaumur'sche Grad unter dem Frierpunct. Man mußte hiebey wissen, ob die Kugeln an beyden Thermometern gleich groß waren. Denn kleinere Kugeln nehmen Kälte und Wärme schneller an als größere.

§. 147.

Das neben dem *la HIRE*schen aufgehängte erstere Reaumur'sche Thermometer wurde von 1731 bis 1738 zugleich mit demselben beobachtet. Und davon sind folgende Grade in den Pariser Memoires aufgezeichnet.

LaHire.	Reaum.	Im Sommer.	LaHire.	Reaum.	Im Winter.
71	+22	6. Jul. 1731.	19 $\frac{3}{4}$	-6	26. Jan. 1732.
82	+29 $\frac{1}{2}$	— — — —	21	-5	27 — — —
66	+19 $\frac{1}{2}$	30 Jul. 2 Aug. 1732.	26 $\frac{1}{2}$	-1 $\frac{3}{4}$	31 Jan. 1 Febr. 1733
74	+24 $\frac{1}{2}$	— — — —	23 $\frac{1}{2}$	-4	23. 24. Jan. 1734.
71	+22	7. 8. 9. Jul. 1733.	24 $\frac{1}{2}$	-3 $\frac{1}{2}$	25 — — —
77	+26	— — — —	28	-1	28 — — —
76	+25 $\frac{1}{2}$	6. Sept. — —	21 $\frac{1}{2}$	-5 $\frac{1}{2}$	30 Nov. — —
72	+24	7 — — —	27	-1 $\frac{1}{2}$	5. Febr. 1735.
75	+25 $\frac{1}{2}$	8 — — —	34	+2 $\frac{1}{3}$	6 — — —
72 $\frac{3}{4}$	+24	15. Jul. 1735.	26 $\frac{1}{2}$	-1 $\frac{2}{3}$	23 Dec. — —
70 $\frac{1}{4}$	+23 $\frac{1}{2}$	16 — — —	25 $\frac{1}{2}$	-3 $\frac{1}{4}$	3. Jan. 1736.
68	+21	19. 20. August.	25	-3 $\frac{1}{2}$	24. 25. Febr. —
80 $\frac{1}{2}$	+28 $\frac{1}{2}$	30. Jul. 4. Aug. 1736	25	-3	26. Decemb. 1737.
75 $\frac{1}{2}$	+25 $\frac{1}{2}$	16. 17. 21. Jul. 1737	21 $\frac{1}{2}$	-5 $\frac{2}{3}$	8. Jan. 1738.
82 $\frac{1}{2}$	+29 $\frac{1}{2}$	5. August 1738.			

Ich habe nun die Grade in jeder Columne zusammen addirt, und ihre Summe durch ihre Anzahl getheilt, um das wahre Mittel zu haben. Diesemnach treffen zusammen:

La Hire.	Reaumur.	
74, 27	+24, 70	das Mittel der Sommergrade.
25, 02	- 3, 06	das Mittel der Wintergrade.
49, 25	27, 76	Unterschiede.

Das will also sagen, daß 49 $\frac{1}{4}$ la HIRISCHE Grade so viel austragen als 27 $\frac{3}{4}$ REAUMURISCHE. Die Verhältniß ist wie 197 zu 111.

§. 148.

Diese Vergleichung kann nun dienen zu finden, mit welchem REAUMURISCHEN Grade der 5te la HIRISCHE, als der von der Winterkälte 1709. übereintrifft. Denn 25,02 - 5 = 20,02. Und

$$\frac{111}{197} \cdot 20,02 = 11,28$$

$$\begin{array}{r} 3,06 \\ 14,34 \end{array}$$

§ 2

also ist es der $14\frac{1}{2}$ Gr. unter 0. Reaumur fand mittelst seiner Beobachtung 15 Grad (S. 146.) Vielleicht ist dieses nur eine runde Zahl. Ferner folgt aus dieser Rechnung, daß Reaumur's 0 oder Frierpunct auf den $30\frac{1}{2}$ *la HIRE*-schen Grad trifft. Denn

$$\begin{array}{r} 197 \\ 111 \end{array} \cdot 3,06 = 5,31$$

$$\begin{array}{r} 25,02 \\ 30,33 \end{array}$$

Dieses kann das vorhergesagte (S. 145.) aufklären. Endlich, da Reaumur die Kellertemperatur bey $10\frac{1}{4}$ oder auch $10\frac{1}{2}$ Grad seines Thermometers ansieht, so giebt eben die Rechnung, daß dieser Grad auf den $48\frac{2}{3}$ oder $49\frac{1}{10}$ des *la HIRE*-schen Thermometers trifft. *La HIRE* giebt 48 an. Wenn es demnach auf Kleinigkeiten nicht ankommt, so ist hiemit die Vergleichung beyder Thermometer gefunden.

S. 149.

Du CREST hat 1741 das *la HIRE*sche Thermometer mit dem seinigen (S. 125.) verglichen. Erst fand er jenes im Keller der Pariser Sternwarte bey dem 47sten Grade den 28sten Jenner. Im Sommer hätte es wohl einen Grad höher stehen können. Dieses merke ich hier an, weil *du CREST* darauf nicht Acht gehabt, sondern vielmehr den Schluß gezogen, als hätte der Weingeist an Ausdehnung abgenommen. Dieser Schluß folgt nicht, weil *la HIRE* von der Jahreszeit, da er 48 Grade gefunden, keine Erwähnung thut. *Du CREST* hängt sodann beyde Thermometer eine Nacht über an freyer Luft neben einander, und fand den 10ten Jenner Morgens um 6 Uhr das *la HIRE*sche auf $9\frac{2}{3}$ Grad, das seinige auf 22 Grad unter seinem 0, welches eben die Kellertemperatur der Sternwarte ist. Also sind $48 - 9\frac{2}{3} = 38\frac{1}{3}$ *la HIRE*sche Grade so viel als 22 *Ducrest*sche. Da nun beyde von Weingeist sind, und *du CREST* vom frierenden zum siedenden Wasser $100 + 10,4 = 110,4$ Grade zählt, (S. 125.) so kommen auf eben diesen Zwischenraum $191\frac{1}{2}$ *la HIRE*sche Grade. Denn

$$22 : 38\frac{1}{3} = 110,4 : 191,5.$$

Ferner ist

$$22 : 38\frac{1}{3} = 10,4 : 18,1.$$

folglich ist am *la HIRE*schen Thermometer der Frierpunct 18,1 Grad unter der Kellertemperatur, demnach bey dem 29,9ten Grade. Die Vergleichung mit Reaumur's Thermometer gab $30\frac{1}{2}$ Grade. (S. 148.) Es kann also bey dem *la HIRE*-schen Thermometer der Frierpunct auf den 30sten Grad gesetzt werden. Und so fällt der Siedepunct auf den $221\frac{1}{2}$ Grad. Endlich da 197 *la HIRE*sche Grade

III Reaumur'schen gleich sind, (§. 148.) so finden sich, für 191,5 *la HIRE*sche, 107,9 Reaumur'sche. Demnach zählte das zu der Vergleichung gebrauchte Reaumur'sche Thermometer vom Frierpunct bis zum Siedepunct 107,9 oder 108 Grade. Dieses Reaumur'sche Thermometer gieng demnach von dem wahren Reaumur'schen (§. 132.) um mehrere Grade ab.

§. 150.

Mit meinen Reaumur'schen Weingeistthermometer konnte ich nun das *la HIRE*sche ohne Mühe vergleichen, da ich vom frierenden zum siedenden Wasser 102,6 Grade zähle. Diese sind demnach 191½ *la HIRE*schen gleich. Ich finde hieraus mittelst des auf den 30sten *la HIRE*schen Grad gesetzten Frierpunctes, daß des *la HIRE* 0 auf.

$$30. \frac{191\frac{1}{2}}{191\frac{1}{2}} = 16,1$$

Grad unter 0 meiner Thermometer trifft, folglich so ziemlich auf den Grad von gesalzenem Schnee, den ich mehrmalen zwischen 15 und 16 Graden gefunden. Der Anfang der *la HIRE*schen Stufenleiter scheint demnach nicht willkürlich, sondern nach den damaligen Grundsätzen bestimmt gewesen zu seyn. Dieses veranlaßte mich nachzusehen, ob etwa der 100te *la HIRE*sche Grad ebenfalls nach Gründen bestimmt seyn möchte. Die Rechnung gab

$$\frac{191\frac{1}{2}}{191\frac{1}{2}}. (100 - 30) = 37\frac{1}{2}$$

Grad meiner Weingeistthermometer. Ich habe auf diesen gefunden, daß geschmolzenes Unschlit zwischen dem 37. und 39sten Grade stocket oder gerinnet. Also fällt die *la HIRE*sche Stufenleiter von 100 Graden zwischen gesalzenen Schnee und gerinnend Unschlit sehr genau. In so fern war es in der That eines der besten, die um das 1670ste Jahr verfertigt worden.

§. 151.

Es sind nun mit diesem *la HIRE*schen Thermometer keine andere Beobachtungen angestellt worden als meteorologische. Und von diesen wurden nur die größten und kleinsten jährlich beobachtete Grade in den Mem. de l'Acad. des Sc. de Paris bekannt gemacht. Die von 1731 bis 1738 habe ich bereits (§. 147.) angeführt. Ich werde demnach die vorhergehenden hier noch beifügen.

Größte Wärme und Kälte der Luft mit dem la HIRE'schen Thermometer
in einem offenen Saale der Pariser Sternwarte beobachtet.

Grade.	Im Sommer.	Grade.	Im Winter.
63 $\frac{1}{2}$	25 Jul. 1699.	7	7 Februar 1695.
61 $\frac{1}{4}$	21 Jul. 1700.	25	11 Decemb. 1699.
65 $\frac{1}{2}$	1 Sept. 1701.	28	9 Februar 1700.
77 $\frac{1}{2}$	17 August 1701.	28 $\frac{1}{2}$	1701.
71 $\frac{1}{2}$	5 August 1702.	14 $\frac{1}{2}$	1 Januar 1702.
76	12 August 1703.	26	Januar 1703.
66 $\frac{1}{4}$	28 Jul. 1704. frühe.	14 $\frac{1}{3}$	23 Januar 1704.
80	6 August 1705.	25	2 Februar 1705.
82	8 August 1706.	20 $\frac{1}{2}$	21 Januar 1706.
82	20 August 1707.	27 $\frac{1}{3}$	1 Februar 1707.
76	15 August 1708.	25	12 Decemb. 1708.
75	11 August 1709.	5	13. 14 Januar 1709.
71 $\frac{1}{2}$	3 August 1710.	14 $\frac{1}{2}$	11 Januar 1710.
73 $\frac{1}{2}$	16 Jul. 1711.	20	15 Februar 1711.
76	16 August 1712.	24 $\frac{3}{4}$	31 Decemb. 1712.
58	30 August 1713. frühe.	18 $\frac{1}{2}$	15 Januar 1713.
74	10 Jul. 1714.	20 $\frac{1}{2}$	5 Februar 1714.
64	2 Jul. 1715. frühe.	18	18 Januar 1715.
63	23 August 1716. frühe.	4 $\frac{1}{3}$	22 Januar 1716.
65	1 August 1717. frühe.	24	13 Februar 1717.
82	22 August 1718.	21 $\frac{1}{2}$	10 Februar 1718.
82 $\frac{1}{2}$	16 Jul. 1719.	26 $\frac{1}{3}$	29 Februar 1719.
77	20 Jul. 1720.	30	5 Januar 1720.
72	7 August 1721.	19	22 Februar 1721.
72	15 Jul. 1722.	25	24 Januar 1722.
75	20 August. 1723.	22	15. 18 Januar 1723.
82	1 Sept. 1724.	28	26 Novemb. 1724.
76	13 Jul. 1725.	26	25 Februar 1725.
77	28 August 1726.	20	19 Januar 1726.
80	7 August 1727.	28	7 Februar 1727.
75	17 Jul. 1728.	21	31 Decemb. 1728.
78	18 Jul. 1729.	9 $\frac{3}{4}$	19 Januar 1729.
76	5 August 1730.	23	27 Januar 1730.
		21	25 Januar 1731.

II. Mariotte.

§. 152.

Auf *la Hire* mag nun *Mariotte* folgen. Dieser war der erste, der sich dem ehemaligen Vorurtheile, als wären die Keller im Winter wärmer als im Sommer durch wirkliche Beobachtungen mit Thermometern widersetzt, und gezeigt hat, daß unsere Empfindung der Wärme ihre Grade nur beziehungsweise angiebt. Er gab sich einige Jahre lang Mühe, seine Thermometer in Keller von verschiedenen Tiefen zu setzen und fleißig zu beobachten. Er fand bey allen, daß sie im Winter tiefer stehen als im Sommer, daß sie sich aber desto weniger verändern, je tiefer die Keller und je mehr sie vor dem Zugange der äußern Luft und dem Sonnenschein verwahrt sind. Hiezu suchte er in ganz Paris Keller auf. Auch giebt er alle Beobachtungen umständlich an. Man findet sie in seinem damals mit allem Rechte viel Aufsehens machenden *Essay du chaud et du froid*. *Mariotte* erreichte dadurch seine Absicht. Und in so fern würde es dermalen an seinen Beobachtungen wenig mehr gelegen seyn. Es giebt aber andere Gründe, aus denen es gut ist, wenn man die Beschaffenheit der Wärme und Kälte in den Kellern näher kennt. Und da eben nicht ein jeder sich die Mühe giebt, mehrere Jahre durch solche Beobachtungen anzustellen, so bleiben *Mariottes* Beobachtungen immer schätzbar. Aber aus eben dem Grunde ist es gut, wenn die Sprache seiner Thermometer verständlich gemacht wird.

§. 153.

Sein erstes Thermometer beschreibt er, so gut er nach den damaligen Kenntnissen konnte. Es war ein Florentinisches oder Weingeistthermometer. Er sagt, daß der Weingeist im Winter bis nahe zur Kugel komme, im Sommer aber über drey Fuß in die Höhe steige. Die Länge der Röhre betrage ungefähr 42 Zoll. Die Stufenleiter habe Grade, deren jeder 4 Linien austrage. Dieses würde demnach auf 42 Zoll, 126 Grade geben. Da aber vermuthlich die Stufenleiter nicht so lang als die Röhre gewesen, so mag es auch seyn, daß sie gerade 100 Grade enthalten habe. Die Grade wurden von unten herauf gezählt. Die Sommerwärme am Schatten fand *Mariotte* bey dem 80sten Grade, und im Keller der Sternwarte stand der Weingeist zwischen dem 52. und 53sten Grade. Der 50ste Grad mag demnach als der temperirte angesehen gewesen seyn. Aus allen diesen Umständen läßt sich der 80ste Grad für nicht mehr als der 20ste von *Reaumur* ansehen. Und da der 53ste mit $10\frac{1}{2}$ von *Reaumur* eintrifft, so folgt, daß $80 - 53 = 27$ *Mariottische* Grade, so viel als $20 - 10\frac{1}{2} = 9\frac{1}{2}$ *Reaumurische* betragen, demnach jene 3mal kleiner als diese gewesen sind. Mehr Genauigkeit in der Vergleichung ist unnöthig, wenn wir nur auf die Ver-

Änderung der Wärme in dem Keller der Sternwarte, so 84 Fuß tief ist, Rücksicht nehmen. Hievon giebt Mariotte folgende Beobachtungen an:

1670. 6. Dec.	— — —	53 Grad.
18.	— — —	52 $\frac{7}{8}$
1671. 25. Aug.	— —	53 $\frac{7}{8}$
15. Sept.	— —	53 $\frac{7}{8}$ und etwas mehr.
18. Dec.	— —	52 $\frac{7}{8}$
1672. 15. Febr.	—	52 $\frac{1}{2}$
Sept.	—	53 $\frac{7}{8}$

Die größte Wärme traf in September und die größte Kälte in Hornung. Die ganze Veränderung trägt 1 Mariottischen oder $\frac{1}{3}$ Reaumurischen Grad aus.

§. 154.

Eben dieses Thermometer brachte Mariotte hierauf in einen 30 Fuß tiefen Keller, welcher in einer Gasse lag, wo die Sonne nur eine Stunde des Tages schien. Er fand darinn folgende Grade:

1672. Nov.	— 49 Gr.	1673. 19. May	— 48 $\frac{1}{4}$
1673. Jan.	— 44	5. Jun.	— 48 $\frac{3}{4}$
Febr.	— 42 $\frac{1}{2}$	19. Jun.	— 48 $\frac{5}{8}$
30. Mart.	— 47	3. Jul.	— 49
4. April.	— 47	17. —	— 49 $\frac{3}{4}$
14. April	— 46 $\frac{7}{8}$	31. —	— 50 $\frac{1}{4}$
24. April	— 47 $\frac{1}{2}$	14. Aug.	— 50 $\frac{3}{4}$
1. May	— 47 $\frac{2}{3}$	28. —	— 51
16. May	— 48+	15. Sept.	— 51 $\frac{1}{2}$

Hierauf war das Thermometer gebrochen, so daß die Beobachtungen nicht ein volles Jahr konnten fortgesetzt werden. Da es aber den höchsten Grad im September so ziemlich erreicht hatte, so urtheilt Mariotte, daß, da er unter 53 geblieben, dieser Keller kälter als der von der Sternwarte sey. Man sieht, daß die ganze Veränderung 9 Mariottische, folglich 3 Reaumurische Grade, dennach dreymal mehr als die im Keller der Sternwarte betrug.

§. 155.

Mariotte ließ sich durch diesen verdrießlichen Zufall nicht aufhalten. Er nahm zwey andere Thermometer, von denen er sagt, daß sie von gleicher Stärke waren. Ob dieses sagen will, daß sie so wohl unter sich als mit dem gebrochenen genau

genau übereinstimmen, lasse ich unbestimmt. Mariotte hatte Genauigkeit genug, um sich nicht mit obenhin gemachten Vergleichen zu begnügen. Und so mögen wenigstens die zwey Thermometer in der That wenig von einander verschieden gewesen seyn. Er wendete sie hierauf an, um den einen in einem 10 Fuß tiefen Keller, den andern in ein Zimmer zu stellen, welches im zweyten Stockwerke oder zwey Treppen hoch in gleichem Hause war und nicht von der Sonne beschienen wurde. Die Grade waren kleiner als am gebrochenen, und nur von $2\frac{1}{2}$ Linien. Mariotte sagt, er habe sie den 21sten Jul. 1674 in dem Zimmer gehabt und gefunden, daß sie bey 89 Grad stunden. Sie stimmten demnach wenigstens bey diesem Grad überein. Die Beobachtungen sind nun folgende:

Thermometer.		Zeit der Beobachtung.	Thermometer.		Zeit d. Beobachtung.
Kammer	Keller.		Kammer	Keller	
--	$52\frac{1}{2}$	1674. 26. Jul.	49	34	1674. 6. April.
--	53	3. Aug.	44	37	22. —
64	54	15. —	60	$37\frac{1}{4}$	26. —
57	—	21. —	60	$37\frac{1}{2}$	9. May.
60	$53\frac{3}{4}$	22. —	62	44	4. Jun.
63	54	2. Sept.	70	50	16. Aug.
63	$54\frac{1}{4}$	8. —	73	52	20. —
42	46	16. Nov.	68	53	4. Sept.
$20\frac{1}{2}$	36	9. Dec. Frost.	65	$53\frac{1}{4}$	8. —
20	33	15. —	41	43	1676. 8. Jan.
28	35	17. aufbauend	36	36	27. —
32	$35\frac{1}{2}$	20. —	40	38	18 Febr.
40	36	22. —	32	$37\frac{1}{2}$	27. —
44	38	1675. 1. Jan.	30	37	1 Mart. Frost
22	30	22. — Frost.	83	45	5 Jun.
24	31	24. —	92	49	1 Jul.
33	32	1. Febr.	73	52	15. —
29	$33\frac{1}{2}$	18. —	89	54	18 Aug.
27	$31\frac{1}{2}$	22. —	68	56	24. —
28	$31\frac{1}{4}$	28. —	21	32	15. Dec.
29	31	6 Mart.	20	28	31. —
38	$31\frac{1}{2}$	9. —	10	$26\frac{1}{2}$	1677. 4. Jan.
42	$32\frac{1}{4}$	13. —	5	26	5. —
36	$32\frac{1}{2}$	16. —	— 3	24	7. —
32	$32\frac{1}{2}$	31. —	+ 4	24	13. —
			25	44	25. —

§. 156.

Mariotte sagt, er habe diese Beobachtungen als die merkwürdigsten unter mehreren ausgesucht. Damit wird also der 92ste Grad als die größte Sommerhitze von den 3 Jahren anzusehen seyn, und so ziemlich mit dem 24sten Reaumur'schen übereintreffen. Ferner wird, da der Keller nicht tief war, der 24ste Grad, welcher die größte Kälte im Keller anzeigt, wenig über dem Frierpunct gewesen seyn. Wenn wir ihn dem 1sten Reaumur'schen Grade gleich setzen, so wird folgen, daß $92 - 24 = 68$ Mariottische Grade so viel als $24 - 1 = 23$ Reaumur'sche austragen, und damit wird der $10\frac{1}{2}$ Reaumur'sche Grad oder die Temperatur des Kellers der Sternwarte auf den

$$\frac{68}{23}. 9\frac{1}{2} + 24 = 52\text{sten}$$

Mariottischen Grad treffen. Die beyden Thermometer stimmten denmach mit dem erstern gebrochenen sehr ordentlich überein. Und ihre Sprache ist hiemit verständlich gemacht. Der 100te Grad trifft auf den 27sten von Reaumur, und giebt folglich die größte Sommerhitze an. Der 21ste Grad ist der Frierpunct, und der 0 Grad trifft etwa 7 Reaumur'sche Grade unter denselben, welches eine mäßige Winterkälte ist, bey welcher der Schnee nicht knirschet und noch viel weniger klinget.

III. HAWKSBÉE.

§. 157.

HAWKSBÉE in London verfertigte Thermometer von Weingeist, mit welchen hin und wieder Beobachtungen angestellt worden sind. Martine nennt sie Thermometer der Londonschen Gesellschaft der Wissenschaften, und sagt, daß bey derselben eines davon zur Richtschnur auf behalten werde. Indessen müssen sie nicht sehr sorgfältig nach dem Muster gemacht worden seyn, weil Klägden dagegen geführt wurden, Martine sagt auch, er habe mehrere gefunden, die nicht übereinstimmten. Die Grade werden daran von oben nach unten gezählt, und ihrer Aufschrift zufolge soll der

0 Grad	—	sehr warm
25	—	warm
45	—	gemäßige
65	—	Frost

andeuten. So nimmt es auch Celsius, der sich auf Urathen des Jurin in seiner Einladung gemeinschaftliche Wetterbeobachtungen anzustellen, eines hatte kommen lassen. Martine sahe sich um solchs um, die mit dem bey der Societät auf behaltenen Muster übereintrafen. Er vergleicht sie durch wirkliche Beobachtung mit seinem Fahrenheit'schen Quecksilberthermometer. Da er aber nicht

wußte, daß eine solche Vergleichung eine Reduction erfordert, so will ich seine Beobachtungen mit der Reduction auf meine Weingeistthermometer hersehen, da ich diese als wahre Reaumur'sche ansehen kann. (S. 132.)

HAWKSÉE. Weingeist.	Fahrenheit Quecksilber.	Reaumur Weingeist.
78 $\frac{1}{2}$	32	0
34 $\frac{1}{2}$	64	14,9
<hr/>		<hr/>
44		14,9

Es betragen demnach 44 *Hawksée'sche* Grade so viel als 14,9 *Reaumur'sche*. Es folgt ferner, daß der oberste Punct oder 0 Grad der *Hawksée'schen* Stufenleiter auf den 26,6ten *Reaumur'schen* Grad trifft, welches eine starke Sommerhize anzeigt, wo Butter schmilzt, ohne eben an der Sonne zu liegen. Das Muster der *Hawksée'schen* Thermometer mag demnach in Absicht auf den Punct 0 oder große Hitze ganz gut gewesen seyn. Wenn hingegen die Aufschrift auf den 65sten Grad Frost ansetzt, so kann dadurch nicht der Frierpunct verstanden werden, weil dieser auf den 78 $\frac{1}{2}$ Grad fällt. Dieses betrifft nun das Muster und die mit demselben gleichstimmenden *Hawksée'schen* Thermometer. Von dem nicht gleichstimmenden muß demnach jeder für sich untersucht werden.

§. 158.

Unter diesen kömmt des Celsius seiner vor. Wegen der Menge damit angestellter Beobachtungen verdient er eine Untersuchung. Und diese hat Celsius theils selbst vorgenommen, theils Umstände dazu angegeben. Er fand im Jenner 1740, daß von seinen Thermometern das *Hawksée'sche* 126, das *Reaumur'sche* — 19, das *de l'Isle'sche* 192 Grade zeigte. Mit dem *de l'Isle'schen* verglichen, zeigte das *Reaumur'sche* zu wenig. Der 192ste Grad von des *de l'Isle* Quecksilberthermometer trifft auf — 22,4 des *Reaumur'schen* Quecksilberthermometers, und auf — 21 des wahren *Reaumur'schen* Weingeistthermometers. Dieser — 21ste Grad muß zur Vergleichung genommen werden. Er trifft also mit dem 126sten *Hawksée'schen* überein. Nach *Martine* müßte es aber nicht der 126ste, sondern der

$$14\frac{4}{9} \cdot 21 + 78,5 = 140\frac{1}{2}$$

Grad sey. Des Celsius Thermometer bleibt also bey diesem Punct um 14 $\frac{1}{2}$ Grade zu hoch. Ferner sieht Celsius den 65sten als den wahren Frierpunct an. Wenn er ihn wirklich so befunden, so liegt derselbe 13 $\frac{1}{2}$ Grad höher als an des *Martine* seinem, weil *Martine* 78 $\frac{1}{2}$ Grad findet. Man kann also vermuthen, daß die Stufenleitern zwar gleich sind, aber einen ungleichen Anfang haben. Es

ist aber nicht bewiesen, daß der 65ste Grad wärklich der Frierpunct sey. Ich finde im 5ten Bande der *Miscell. Berolin.*, daß Celsius seine daselbst vorkommende sehr umständliche Wetterbeobachtungen nach Jurins Vorschrift angestellt, und folglich das Thermometer in einem nicht geheizten Zimmer gehabt hat. Da konnte es nun scyenlich den 65sten Grad anzeigen, wenn es in freyer Luft schon stark friert. Aber deswegen ist der 65ste Grad nicht der Grad des frierenden Wassers, weil die Zimmer nicht so geschwinde als die äußere Luft erkälten. Ferner findet Celsius im Jahr 1731. die größte Sommerhize bey seinem 20sten Grad, und sagt, die gewöhnliche Sommerwärme sey der 30ste Grad. Sollte nun Celsius 65 Grad haben, wo Martine $78\frac{1}{2}$ sezt, so würde des Celsius 30ster Grad auf Martinens $43\frac{1}{2}$ fallen, und folglich mit der Kellertemperatur ziemlich übereintreffen, und dieses würde selbst in Schweden keine Sommerwärme heißen können. Auch sehe ich aus der Verwandlung der Hawksbéeschen Graden in Schwedische, die Wargentin im 19ten Bande der schwedischen Abhandlungen vorgekommen hat, daß des Celsius Thermometer von dem Martinschen wenig oder nichts unterschieden seyn kann.

§. 159.

Es wird also richtiger seyn, wenn wir sehen, die Aufschriften des Hawksbéeschen Thermometers zeigen den Zustand der äußern Wärme und Kälte an, wenn das Thermometer nicht vor dem Fenster, sondern in einem ungeheizten Zimmer beobachtet wird. Dieses ist der Fall der meisten ehemaligen Wetterbeobachtungen. Man kann hiedurch erklären, woher es komme, daß man 1731, 1732. zu Neapel das Hawksbéesche Thermometer bey dem 56sten Grad gefunden, als es auf den Straßen fror. Man darf sich nur gedenken, daß das Thermometer im Zimmer hieng, und daß der Frost zu Neapel nicht so lange dauert, daß die Zimmer auch nur bis zum 65sten, geschweige dann bis zum $78\frac{1}{2}$ Grad erkälten können.

IV. Sales.

§. 160.

Sales hat sich, wie er in seiner Statik der Gewächse erzählt, ein sehr wissenschaftliches Gartenthermometer, und zwar im Jahr 1724, zu einer Zeit verfertigt, wo wissenschaftliche Thermometer noch sehr selten waren. Er wollte ein Instrument haben, welches die Grade der Wärme so weit anzeigte, als sie bey der Theorie vom Wachsthum der Pflanzen erforderlich seyn kann. Er wählte hiezu den Grad des gerinnenden Wachses. Auf der andern Seite sahe er die Kälte des frierenden Wassers als den Grad an, bey welchem das Wachsthum der Pflanzen aufhört. Diese zween Punkte bemerkte er auf seinem Thermometer und

theilte den Zwischenraum in 100 Theile, die er vom Frierpunct an aufwärts zählt. Nach meinen Reaumur'schen Thermometern gerinnet Wachs bey 56sten Grade. Die Zales'sche Stufenleiter hat also nicht die geringste Schwierigkeit.

§. 161.

In erst erwähntem Werke führt Zales viele Beobachtungen an, die er mit seinen Thermometern angestellt hat. Die vornehmsten davon sind folgende:

- 0. Frierpunct.
- 100. gerinnend Wachs.
- 64. Blut in lebenden Thieren.
- 54. Wärme unter dem Arm.
- 55. Kuhemilch.
- 58. Urinwärme.
- 56. Wärme zum Eyerbrüten.
- 50. Sommerwärme.
- 85. Wärme der Mistbeeten.
- 88. größte Sonnenhitze.

§. 162.

Es war ferner Zales nicht nur um die Nester und Blätter, sondern auch um die Wurzeln der Pflanzen besorgt. Zu diesem Ende senkte er im Garten Thermometer 2, 4, 8, 16, 24 Zoll tief in die Erde, und ließ noch eines oben auf stehen, dessen Kugel nur die Erde berührte. Von den 4 und 8 Zoll tiefen giebt er die Beobachtungen nicht an. Von den andern sind die merkwürdigsten Beobachtungen folgende:

0	2	16	24	Zoll unter der Erde.
48	45	33	31	im August 1724.
3	10	14	16	zu Ende des Octobers.
— 4	—	—	6	im Winter.
+24	20	24	23	1725. im Sommer.

§. 163.

Bei diesem Thermometer konnte Martine sich nicht zurechte finden, als er es mit dem Fahrenheit'schen vergleichen wollte. Anfangs schien ihm die Sache leicht. Zales hatte zween sehr kenntliche Grade, nemlich den Frierpunct und die Wärme des gerinnenden Wachses zum Grunde gelegt. Martine nahm also

sein Fahrenheit'sches Quecksilberthermometer, und fand für gerinnend Wachs den 142sten Grad. Da nun der Frierpunct auf den 32sten fällt, so beträgt der Unterschied 110 Fahrenheit'sche Grade. Und diese sind demnach so viel als die 100 Grade des Sale'sischen Thermometers. Nun war noch zu sehen, wie es um die übrigen von Sales beobachteten Grade stehe. Martine begnügt sich aber zu sagen, daß Sales im Anfang des Frühlings seine Thermometer beym 13ten Grad befunden habe, als das Fahrenheit'sche beym 48sten stand. Damit würden 13 Sale'sische Grade so viel als 16 Fahrenheit'sche seyn. In der Kupferplatte macht Martine 60 Sale'sische Grade 74 Fahrenheit'sche gleich. Damit kommen drey verschiedene Verhältnisse heraus, nemlich 100: 111, 13: 16, 60: 74. Dieser Unterschied fällt ganz weg, wenn wir den ungleichen Gang des Quecksilbers und des Weingeistes mit in die Rechnung ziehen, oder um kürzer zu verfahren, das Sale'sische Thermometer mit dem Reaumur'schen Weingeistthermometer vergleichen. Denn da 100 Sale'sische Grade so groß als 56 Reaumur'sche sind, so ergibt sich ohne Mühe folgende Vergleichung:

Sales.	Reaumur.	
54	$30\frac{1}{2}$	Wärme unter dem Arm.
58	$32\frac{1}{2}$	Urinwärme.

welche sehr richtig ist. Und es bleibt dessen unerachtet auch richtig, daß der 13te Sale'sische Grad mit dem 48sten Fahrenheit'schen oder eigentlich mit $48\frac{1}{2}$ übereinstimmt. Denn 13 Sale'sische Grade geben $13 \cdot 0,56 = 7,28$ Reaumur'sche von Weingeist, folglich (nach der zwayten Formel des 123. §.) $= 7,17$ Reaumur'sche von Quecksilber. Und diese geben $\frac{180}{80} \cdot 7,17 = 16,13$ oder $16\frac{1}{2}$ Fahrenheit'sche. Diese zum Grad des Frierpuncts 32 addirt geben $48\frac{1}{2}$ Grad.

V. Fowler.

§. 164.

Hier ist noch ein Weingeistthermometer, das Martine mit dem Fahrenheit'schen Quecksilberthermometer nicht richtig vergleichen konnte. Fowler hat dasselbe zum Behuf der Gewächshäuser verfertigt. Er schrieb bey den Graden desselben die Namen der Gewächse, welche bey solchen Graden der Wärme am besten fortkommen. Es sind folgende, so wie sie Sales ebenfalls nach seinem Thermometer angiebt.

Fowler.	Sales.	Gewächse.
+ 30	31	Melocactus.
+ 25	29	Ananas.
+ 20	26	Piment.

Sowler.	Sales.	Gewächse.
+ 15	24	<i>Euphorbium.</i>
+ 10	21½	<i>Cereus.</i>
+ 5	19	<i>Aloe.</i>
0	16½	<i>Ficus indica.</i>
— 5	14	<i>Ficoides.</i>
— 10	12	<i>Orange.</i>
— 15	9	<i>Myrthen.</i>

Martine sagt nun, Souler habe auf sein Verlangen den Grad des frierenden Wassers untersucht, und ihn bey — 34 gefunden. Dieses giebt auch die Vergleichung mit den Sales'schen Graden an sich schon an. Wenn nun Martine weiter sagt, er finde aus verschiedenen Vergleichen, daß der 16te Souler'sche Grad mit dem 64sten Fahrenheit'schen eintreffe, so giebt er 3 Grade zu viel an. Denn es soll nur der 61ste seyn.

VI. Benart.

S. 165.

Dieses Thermometer ist mir aus *I. GESNERI Thermometro botanico* bekannt geworden. Es ist ebenfalls botanisch, und zählt von 2 zu 2 Graden fort, was Souler von 5 zu 5 Graden zählt. Die Vergleichung ist leicht anzustellen, und giebt folgendes an:

Sowler.	Benart.	Gewächse.
— 35	0	—
— 15	8	<i>Myrthus.</i>
— 10	10	<i>Amarillis Sarniensis.</i>
	11	<i>Olea.</i>
— 5	12	<i>Ficoides.</i>
	13	<i>Capparis.</i>
0	14	<i>Ficus indica.</i>
	15	— <i>Punica.</i>
+ 5	16	<i>Aloe</i>
	17	<i>Cassia.</i>
+ 10	18	<i>Cereus.</i>
	19	<i>Zingiber.</i>
+ 15	20	<i>Euphorbia.</i>
	21	<i>Tamarindus.</i>
	23	<i>Coffea.</i>

Sowley.	Benart.	Gewächse.
+ 25	24	<i>Pinus exotica.</i>
+ 30	26	<i>Rheum persicum.</i>
	27	<i>Laurus Cinamomea.</i>

Siebenter Abschnitt.

Von andern bisher gebrauchten Weingeistthermometern.

§. 166.

Es sind sehr viele Wetterbeobachtungen vorrätzig, die mit alten oder gemeinen Drebbelschen oder Florentinschen Thermometern angestellt, und oft viele Jahre durch fortgesetzt worden sind. Man findet davon in den Breslauer Sammlungen, in Büchners Fortsetzung derselben, in dem *Commercio epistolico*. und mehreren andern Jahrbüchern einen großen Vorrath. Die Liebhaber solcher Beobachtungen schafften sich gewöhnlich Thermometer an, die schon ganz fertig und an Brettchen gefestigt waren. Daß man sie vom Brettchen wegnehmen, die Kugel mit der Hand umschließen oder unter die Achsel bringen, oder in frischgelassen Blut, Urin, Milch, Schnee, frierend Wasser u. stellen könne, um diese Grade von Wärme anzuzeichnen, das kam wenigen oder keinem in Sinn, und so mangeln nun gerade die Angaben, mittelst welcher man am sichersten sehen könnte, wie die Eintheilung beschaffen gewesen.

§. 167.

Einige dieser Beobachter gebrauchten zwar die Vorsichtigkeit von ihren Thermometern das Maas anzugeben. Sie maasfen aber gewöhnlich nur die Länge der Röhre in Zollen. Nur wenige gaben den Diameter der Kugel an. Und wenn etwa auch des Diameters der Röhre gedacht wurde, so war es der äußere des Glases. Indessen hätte der innere und sehr genau gemessen werden müssen. Dieser scheint aus dioptrischen Gründen um die Hälfte größer zu seyn als er wirklich ist, weil die Strahlenbrechung aus Luft in Glas das Verhältniß 3: 2 angiebt. Da aber die Diameter sehr klein sind, so können sie auf diese Art nicht mit bester Genauigkeit gemessen werden. Ich übergehe daher Kürze halber, den Beweis dieses dioptrischen Satzes um so mehr, da er ohne Mühe zu finden ist. Es wird dabey weiter nichts vorausgesetzt als daß die Strahlen parallel nach dem Auge gehn, welches, wenn man die Röhre 8 und mehr Zoll weit vom Auge hält, wegen ihres geringen Diameters, ohne merklichen Fehler angenommen werden kann.

§. 168.

§. 168.

Es bleibt also kaum etwas mehr, als die Beobachtungen selbst. Und da ist die Frage: wiefern man aus den täglich beobachteten Graden eines Thermometers die Stufenleiter desselben kenntlich mache und mit bekannten Thermometern vergleichen könne. Dieses ist nun schwerer oder leichter, je nach dem Umstände angegeben sind. Ich setze demnach, daß der Ort der Beobachtung bekannt sey, weil nicht alle Länder gleichen Wechsel von Wärme und Kälte haben. Sodann sieht man, ob der Beobachter die Lage seines Thermometers angegeben, nemlich, es vor dem Fenster oder in einem offenen Gange, oder geschlossenem Zimmer, gegen Mittag oder Mitternacht gestanden, ob die Gegend um das Haus herum frey oder mit Häusern angebauet ist. Ferner, ob Morgens, Mittags oder Abends beobachtet worden, oder ob die Tagesstunden dazu nicht regulär angefezt waren.

§. 169.

Man sieht ohne Mühe, daß man aus solchen Umständen, auch wenn sie alle bekannt sind, keine sehr große Genauigkeit erwarten kann. Es wird dieses aber auch nicht immer erfordert. Man fängt demnach an, die Grade der größten Wärme aufzusuchen. Diese erstrecken sich in unsern Gegenden vom 20sten bis zum 26sten Reaumurischen Grad. Wenn man demnach ohnehin oder aus andern Beobachtungen weiß, ob der Sommer kalt oder mäßig oder sehr heiß gewesen, so kann man zwischen diesen 6 Reaumurischen Graden so ziemlich eine Wahl treffen. Wenn die Wärme einmal in die Mauern und Wände eingedrungen, so macht die Lage des Zimmers keinen merklichen Unterschied mehr, es wäre denn, daß es dem Tageslicht verschlossen bliebe, wie es geschieht, wenn man ein Zimmer kühl erhalten will.

§. 170.

In Ansehung der Winterkälte giebt es mehr Schwierigkeit, weil sie von einem Jahr zum andern viel stärker abwechselt. In hiesigen Gegenden sind die Grenzen zwischen 6 und 18 Reaumurischen Graden unter dem Frierpunct. In bergigten Gegenden sind sie tiefer. Wenn nun aber das Thermometer in freyer Luft gehangen, und der Beobachter hat angezeigt, an welchen Tagen es angefangen hat zu frieren oder aufzuthauen, so wird man auf seinem Thermometer den Frierpunct wenig oder gar nicht verfehlen, wenn man aus allen an solchen Tagen beobachteten Graden das Mittel nimmt. Auch werden diese Grade selbst unter sich wenig verschieden seyn. Hingegen sind sie es mehr, wenn das Thermometer nicht an der freyen Luft, sondern in Zimmern beobachtet wird, die nicht geheizt werden, und wo die äußere Luft keinen freyen Zugang hat. Wenn man in solchen Zimmer Wasser hat, und findet es gefroren, wie es nach einer laugen und

starken Kälte leicht geschieht, so wird das Thermometer ebenfalls nahe am Frierpunct stehen. Ich habe aber diesen Umstand selten bey Wetterbeobachtungen angezeigt gefunden.

§. 171.

In solchen Zimmern zeigt das Thermometer bey dem Anfang und Ende des Frostes sehr verschiedene Grade, je nachdem das Thauwetter gelinder oder der Frost stärker und anhaltender war. Da ich das Thermometer mehrere Jahre in der Stube, in zwey nicht gewärmten Zimmern und vor dem Fenster gegen Norden, sürnemlich des Morgens, beobachtet habe; so finde ich folgendes:

- 1.° Beym ersten Frost im October stand das Reaumur'sche Thermometer vor dem Fenster auf 0, in den Kammern bey 8 Grad über 0.
2. Bey Anfang des Frostes im November stand es in den Kammern bey 6 Grad. Hingegen bey 4 oder 5 Grad, wenn es wieder aufthauete.
3. Im December bey Anfang des Frostes auf 5 Grad, bey dem Aufthauen auf 3 bis 4 Grad.
In diesen Monaten dauerte der Frost nicht lange.
4. Im Jenner war das Thermometer in den Kammern, wenn es anfing zu frieren, bey 4 Grad, wenn es aufhörte bey 2, auch wohl bey 1 Grad, und wenn der Frost nicht lange dauerte bey 3 Grade.
5. Im Februar, wo es zuweilen mehrere rechte Frühlingstage giebt, steigt das Thermometer alsdann in den Kammern bis auf 6, 7 Grade. Gewöhnlich aber stehet es bey wiederkehrendem Froste auf 4 oder 5 Grad, bey dem Thauwetter auf 3 Grad.
6. Eben dieses findet sich auch im März, bey dem Frieren und Aufthauen.
7. Im April thauet es gewöhnlich ganz auf, und da hält sich das Thermometer in der Kammer bey 3, 4, 5ten Grade.

§. 172.

Nach diesen Sätzen habe ich nun die oben (§. 158.) erwähnte Beobachtungen des Celsius in den *Miscell. Berol. Tom. V.* vorgenommen, und finde, daß sein *Hawksbéesches* Thermometer im October, wenn es anfängt zu frieren, bey 56, 57, 58sten Grad stund. Im November bey 60sten bis 64sten, und als es aufthauete, bey 67sten. Im December ebenfalls. Im Jenner und Jorning bey 69sten oder 70sten. Im März bey 60sten bis 67sten, und wenn es wieder froh bey 54sten. Diese Grade sind zu sehr verschieden, als daß man nicht schließen sollte, das Thermometer habe in einem Zimmer gehangen. Es folgt also

1.° daß der 54ste oder 55ste Grad des Celsius mit dem 8 Reaumur'schen, und
 2. der 69ste oder 70ste mit dem 3ten Reaumur'schen sehr nahe übereintreffen
 werde. Und daraus folgt ferner, daß beim Celsius der wahre Frierpunct auf 78
 oder 79 fallen müsse. Dieses kömmt nun mit des Martine Versuch (S. 157.)
 sehr gut überein.

§. 173.

Ungeachtet nun diese Betrachtungen dienen können, den Frierpunct zu fin-
 den, und folglich die Sprache des Thermometers verstehen zu lernen, so lernen
 wir dennoch dadurch nur den Zustand der Wärme und Kälte in dem Zimmer be-
 urtheilen, wo das Thermometer befindlich war. Der Zustand der äußern Luft
 muß daraus erst durch Schlüsse gefunden werden. Hiebey kann man sich eben
 nicht sehr viele Genauigkeit versprechen. Indessen ist die Mühe, so man sich des-
 wegen giebt, doch auch nicht vergebens. Aus meinen vorhin (S. 171.) erwähn-
 ten Beobachtungen finde ich folgendes:

- 1.° Im September geht das Thermometer in der Kammer mit dem vor dem
 Fenster überhaupt betrachtet zu gleichen Schritten.
2. Im October trägt der Unterschied, überhaupt betrachtet, 3 bis 5 Reaumur-
 sche Grade aus.
3. Im November ist derselbe 5 bis 7 Grade.
4. Im December 5 bis 8 Grade.
5. Im Jenner 8, 10, auch wohl 12 Grade.
6. Im Februar nimmt er wieder ab, so daß er 4 bis 8 Grade beträgt.
7. Im März kömmt er wieder der Gleichheit näher, die im April fast ganz wie-
 der hergestellt wird.

§. 174.

Dieses betrifft den Gang des Thermometers überhaupt betrachtet, so fern
 nemlich das Thermometer der kleinern täglichen Veränderungen unerachtet, vom
 October bis im Jenner tiefer fällt, und von da an wieder steigt. Es geht aber
 nicht so einförmig zu. Denn außer den täglichen Veränderungen giebt es noch
 solche, wo die Kälte mehrere Tage lang zu, und dann wieder abnimmt. Diese
 zeigt das Thermometer in der Kammer zwey, drey bis viermal geringer an, als
 das in der äußern Luft, je nachdem sie stärker oder schwächer sind. Ueberdies
 zeigt das Thermometer vor dem Fenster diese Veränderungen, zumal wenn sie an
 sich schnell sind, allzeit früher an, weil es Zeit dazu gebraucht, bis die äußere
 Wärme und Kälte durch die Mauern und Wände durchdringt.

§. 175.

So z. E. Celsius spricht Wunders davon, was es für eine Kälte war, als sein *Hawksbéesches* Thermometer den 11ten Jenner 1732 auf den 124sten Grad fiel. Und doch ist es nur der 15te oder 16te Reaumurische Grad unter 0. Eine solche Kälte will zu Upsal noch nicht viel sagen. Wir können aber wenigstens noch 10 Grade mehr und damit den 25sten oder 26sten Reaumurischen Grad unter 0 annehmen, wenn wir auf die Kälte der äußern Luft einen Schluß machen wollen. (§. 173. No. 5.) Das ist sodann schon eine Kälte, die in Schweden außerordentlich heißen kann.

§. 176.

Die ganze jährliche Veränderung des Thermometers in der Kammer ist überhaupt betrachtet um $\frac{1}{3}$ kleiner als die in freyer Luft. In der größten Sommerhize sind sie kaum um einen Grad von einander verschieden, so daß ersteres beim 24sten oder 25sten Grad steht, wenn letzteres 26 Grade weist. Hingegen wird der Unterschied gegen den Winter zu größer, so daß wenn das Thermometer in freyer Luft schon 10 Grade unter dem Frierpunct steht, das in der Kammer kaum noch den Frierpunct erreicht. Man sieht hieraus, wie man, wo nicht die Stufenleiter, doch wenigstens die Aufschriften einrichten muß, wenn sie, ungeachtet das Thermometer in der Kammer steht, den Zustand der äußern Luft anzeigen sollen. An dem Reaumurischen Thermometer kann man bey

+ 24	Grade	—	größte Hize
+ 13	—	—	gemäßigt
+ 7	—	—	Frost
0	—	—	große Kälte

schreiben. Ich habe bereits (§. 159.) gesagt, daß das *Hawksbéesche* Thermometer diese Einrichtung hatte. Man findet auch

Reaumur.	Hawksbée.	
+ 27	0	größte Hize.
+ 13	25	warm.
+ 11 $\frac{1}{2}$	45	gemäßigt.
+ 7 $\frac{1}{2}$	56	Frost zu Neapel.
+ 4 $\frac{1}{2}$	65	stärkerer Frost.

Daß *Hawksbée* die größte Hize höher ansetzt, läßt sich erklären, wenn man annimmt, er habe auf Zimmer Rücksicht genommen, welche die Mittagssonne haben, und den Grad lieber zu groß als zu klein ansetzen wollen. Eben so setzt er

seinen Frostpunct etwas tiefer, weil ein geringer Frost oft nur in den Morgenstunden einfällt. Ein solcher war aber der zu Neapel.

§. 177.

Ich habe von der strengen Winterkälte der Jahre 1709 und 1728 mehrere Beobachtungen gefunden, wo die Sprache des Thermometers durch Betrachtungen von dieser Art muß aufgeklärt werden, theils weil die Eintheilung unbekannt ist, theils weil die Thermometer nicht an der freyen Luft, sondern in Zimmern stunden. Unter diese Beobachtungen gehört Wolfens Dissert. de Hieme 1709. Er giebt aber die Grade seines Thermometers und die Veränderungen des Wetters nicht Tag für Tag, sondern sehr zerstreuet an. Und von den Graden des Sommers sagt er vollends nichts. Den 19ten October 1708 fand er sein Thermometer im Zimmer bey — 36 Grad, und als er es an das Fenster legte, fiel es auf — 65. Dieses war bey dem ersten Anfange des Frostes. Den 26sten Jan. 1709, als nach der strengsten Kälte Thauwetter einfiel, zeigte sein Thermometer im Zimmer — 72 Grade. Dieser Grad mag nun vom eigentlichen Frierpunct wenig verschieden gewesen seyn. Wenn nun auch der Grad für die Sommerhitze angegeben wäre, so würde sich noch eine ziemlich genaue Vergleichung anstellen lassen. Im April 1709 steigt Wolfens Thermometer bis zum 0 Grad, als dem Grad der Kellerwärme hinauf. Und daraus folgt, daß ungefähr 7 Wolfische Grade so viel als 1 Reaumurischer betragen. Und nach dieser Verhältniß würde an Wolfens Thermometer der 100te Grad der Wärme dem 25sten oder 26sten Reaumurischen gleich seyn. Ich habe hierauf in Wolfens nützlichen Versuchen nachgesehen, ob darinn einige Nachricht von diesem 1709. gebrauchten Thermometer vorkömmt. Und im 2ten Bande §. 63, 65, 67. finde ich, daß er eines großen alten Thermometers Erwähnung thut, welches er sich 1708 angeschaffet. Er klagt daselbst, daß es 1722 nicht mehr recht zu den obern Graden der Wärme hinauf will. Das will nun aber wohl nicht mehr sagen, als daß damals der Frühling und Sommer nicht sonderlich warm gewesen. Indessen folgt daraus, daß Wolfens Thermometer in einigen vorhergehenden Sommern wirklich bis zu den höhern Graden gestiegen, und folglich die Stufenleiter desselben, die 100 Grad Wärme und 100 Grad Kälte enthielt, wirklich gut angepaßt war. Dieses war deswegen anzumerken, weil es Thermometer gegeben hat, die eine und eben dieselbe gedruckte Stufenleiter hatten, deren Gang aber ganz verschieden war.

§. 178.

Aus diesen Betrachtungen wäre demnach Wolfens Thermometer ziemlich kenntlich gemacht. Und wir würden wenig fehlen, wenn wir seinen 100ten Grad

der Wärme auf Reaumur's 26sten, und den Frierpunct auf Wolfens — 72 oder — 73 setzten. Ich finde nun in Wolfens nützlichen Versuchen, daß er sein Thermometer mit seinen zwey Fahrenheit'schen verglichen, von welchen ich bereits im vorhergehenden die Stufenleiter beschrieben habe. (§. 110 — 112.) Was aber bey dieser Vergleichung das schlimmste ist, so hat Wolf dazu nicht nur nicht die äußersten, sondern wenig unterschiedene Grade genommen, und überdies die Vergleichung gerade nur deswegen angezeigt, damit man sehen könne, daß die beyden Fahrenheit'schen zwar unter sich, aber nicht mit seinem alten großen Florentin'schen übereinstimmen, sondern bald mehr, bald minder zeigen. Dieses rührte aber schlechtthin nur daher, daß größere Thermometerkugeln die Veränderungen der Wärme und Kälte langsamer annehmen. Wolfs Beobachtungen sind nun in folgender Tafel in Ordnung gebracht:

Fahrenheit. (§. 112.)	Wolf.	Das Mittel.
8. 2 = 34	— 64	— 64
3 = 35	— 65 viermal, 62, 61	— 64
9. 0 = 36	— 65, 64, 62, 61	— 63
1 = 37	— 65, 64, 62, 62, 61, 61, 60, 60 59, 59, 57	— 61
2 = 38	— 60 viermal, 59 viermal	— 59 $\frac{1}{2}$
3 = 39	— 55	— 55
10. 0 = 40	— 56, 52, 52, 51, 50	— 52
1 = 41	— 49, 45	— 47
2 = 42	— 45	— 45
3 = 40	— 40	— 40

Die dritte Columne habe ich beygefügt, um zu sehen, wie fern, wenn man aus den von Wolf beobachteten Graden das Mittel nimmt, dieses den Graden der Fahrenheit'schen Thermometer angemessener seyn würde. Ich sahe hierauf diese als Abscissen, und die Zahlen der dritten Columne als Ordinaten an, und nahm die Zeichnung vor. Die Puncte der Ordinaten lagen zwar nicht völlig in gerader Linie, doch so, daß diese ziemlich genau konnte zwischen den Puncten durchgezogen werden. Und so fand ich genauer, daß

Fahrenheit.	Wolf.
8, 3 = 35	— 71 $\frac{1}{2}$
10, 3 = 43	— 41 $\frac{1}{2}$

zusammentreffen. Demnach trugen 3 Grade bey Wolfen 1 Grad bey Fahrenheit aus. Und daraus folgt, daß am Wolf'schen Thermometer — 74 $\frac{1}{2}$ der

Frierpunct ist, und Wolfens 0 auf den 57sten Fahrenheitischen oder 25. 4: 9 = 11ten Reaumurischen Grad trifft. Damit ist der 100te Wolfische Grad der Wärme eben das, was der 26ste Grad bey Reaumur. Diese Vergleichung zeigt demnach, daß die vorhergehende wenig oder nichts fehlte. Wolf hat 1721 gewiß nicht geglaubt, daß man, was er damals als Beweise wider die Uebereinstimmung der Thermometer vortrug, nicht nur zum Beweise für dieselbe, sondern sogar zur Bestimmung des Verhältnisses gebrauchen würde. So viel kommt auf die Methode an, Vergleichen anzustellen. Es ist nur schade, daß 1709 den 11ten und 12ten Jenner, da eben die strengste Kälte war, der Weingeist bis in die Kugel herunter fiel. Wir können also nichts mehr davon sagen, als daß sein Thermometer unter dem 114ten Grad der Kälte gestanden habe, welches auf — 6 Grad unter Reaumur's 0 ist. Nun hatte zwar Wolf einige Fensterscheiben herausnehmen lassen, damit die Luft im Zimmer die Kälte der äußern Luft mehr annehme. Das hilft aber nicht viel. Und so können wir die Kälte der äußern Luft füglich noch 10 bis 12 Grad stärker annehmen; so daß sie eher bey — 18 als bey — 16 Reaumur'schen Graden mag gewesen seyn.

§. 179.

Ich habe alle bisher angeführte Weingeistthermometer mit dem Reaumur'schen Weingeistthermometer verglichen, und dieses dadurch zum allgemeinen Maßstab von jenen gemacht. Ich wüßte auch nicht, warum ich ein anderes hätte wählen sollen. Schon seit einiger Zeit haben Fahrenheit, *de l'Isle* und Reaumur die Oberhand gewonnen. Man ist auch schon gewöhnt, die Fahrenheitischen und *de l'Isle'schen* Thermometer als solche anzusehen, die von Quecksilber gemacht werden; da hingegen die Reaumur'schen mehrentheils von Weingeist waren, und selbst ihre Eintheilung sich darauf gründet. Endlich hat Reaumur selbst, ohne es zu wissen, und durch einen glücklichen Irrthum die Eintheilung so getroffen, daß seine Weingeistthermometer mit seinen Quecksilberthermometern in der Gegend des Frierpuncts einerley Grade zeigen. (§. 131.) Ungeachtet man auch schon in Schweden, Lyon und England angefangen hat, zwischen frierendem und siedendem Wasser 100 Grade anzunehmen, weil man überhaupt in solchen etwas willkürlichen Dingen gern die Decimaleintheilung einführt; so geht doch dieses von Reaumur nur in so fern ab, als man setzt, daß seine Thermometer von Quecksilber gemacht werden. Denn nimmt man Weingeist, so werden zwischen frierendem und siedendem Wasser dennoch 102, 6 und folglich bey niedrigerem Barometer 100 Reaumur'sche Grade herauskommen. Es passen übrigens die Reaumur'sche Grade sehr gut zu den Wetterbeobachtungen, und sind dabey leicht verständlich. Denn man hat bey

- 20 die strengste Winterkälte.
- 15 Kälte von gefalzenem Schnee.
- 10 starke Winterkälte.
- 5 geringe Winterkälte.
- 0 frierend Wasser.
- + 10 gemäßigte Wärme.
- + 20 gemeine Sommerwärme.
- + 25 große Sommerhize.
- + 30 Wärme der Hand.

§. 180.

Die Gewohnheit thut übrigens bey dem Gebrauche der Thermometer, in Absicht auf ihre verschiedene Stufenleiter, sehr viel. Es wird demnach das beste seyn, wenn ich die sämtlichen Stufenleiter, die von einigem Belange seyn mögen, auf einem Blatt gezeichnet darstelle, und dabey auf den Unterschied, ob sie von Luft, Quecksilber, Weingeist oder Leindl sind, Rücksicht nehme. Da die meisten von Weingeist sind, so habe ich bey demselben die Grade gleich groß gemacht. Damit mußten die von Luft, Quecksilber und Leindl ungleiche Grade erhalten, damit durchaus Grade so einerley Wärme zukommen in einerley Parallellinien liegen. Ich habe ferner, so weit es der Raum zugelassen, bey jedem Thermometer, die mit demselben gemachten Beobachtungen angezeichnet. Unter diesen habe ich besonders auf folgende gesehen:

1. siedend Wasser.
2. gerinnend Wachs.
3. Wärme des Leibes.
4. Kellerwärme.
5. frierend Wasser.
6. gefalzen Eis oder Schnee.

und durch diese Grade Parallellinien gezogen, damit sie auf denen Thermometern, mit welchen sie beobachtet worden, ohne alle Mühe unter einander verglichen werden können. Ueber jeder Stufenleiter steht angemerkt, von welcher Materie das Thermometer gewesen oder seyn muß, wenn die Leiter gesten soll. Unten befindet sich der Name, nebst den §. §., die man nachschlagen kann, um mehr Auskunft zu finden.

§. 181.

In dieser Tafel kömmt das Reaumur'sche Thermometer dreysach vor. 1°. Von Quecksilber, und dieses zählt vom frierenden zum siedenden Wasser 80 Grade.

Grade. 2°. Von Weingeist. Dieses zählt ebenfalls 80 Grade. Es ist dasjenige, was Reaumur glaubte gemacht zu haben, das er aber nicht gemacht hat. Herr de Lvc hat es aber gemacht, und zwar in der Absicht, um dessen Grade mit dem von Quecksilber zu vergleichen und den sehr merklichen Unterschied des Ganges zu zeigen. Dazu mag es dienen. Weiter wollte ich es nicht anrathen, weil man ohnehin schon genug verschiedene Eintheilungen hat. 3°. Ebenfalls von Weingeist. Es ist das wahre Reaumur'sche, und trifft in der Nähe des Frierpuncts mit dem von Quecksilber zusammen. Diese drey Thermometer sind die, welche in der 1, 3 und 2ten Columne der oben (§. 124.) gegebenen Vergleichungstafel vorkommen.

§. 182.

Die Luftthermometer des Amontons, Cruquius und Polemi habe ich nach ihren Angaben gezeichnet, ohne mich daran aufzuhalten, daß sie für die Ausdehnung der Luft in frierendem und siedendem Wasser verschiedene Verhältnisse herausbringen. (§. 89.) Die beyden letztern haben ihre Thermometer nur zu Wetterbeobachtungen gebraucht, und so kommen die höhern Grade bey ihnen gar nicht vor. Amontons dehnt hingegen seine Stufenleiter bis zur Hitze des siedenden Wassers aus. Sein Verfahren ist aber so sehr zusammengesetzt, daß leicht einige Unrichtigkeiten mit unter laufen konnten. Und eben daher kam es, daß seine Thermometer nicht alle gleich gut ausfielen.

Achter Abschnitt.

Thermometer zu bestimmten Absichten.

§. 183.

Unter die Thermometer, welche zu bestimmten Absichten eingerichtet werden, gehört das Amontonsche oben an, weil Amontons eigentlich darauf gesehen, daß er die wahren Grade der Wärme oder ihre Kraft in gleich dichter Luft bestimmen konnte. Diese Absicht war unstreitig sehr wesentlich. Amontons Schlüsse sind auch sehr richtig. Wolf nahm sie bereits 1709 in seine Aerometrie auf, und auch nachher sind sie immer gebraucht worden. Nur wollte man den Schluß von Graden der Wärme in der Luft auf Grade der Wärme überhaupt nicht so unbedingt gelten lassen. Man hatte auch wegen der Vieldeutigkeit des Wortes Wärme nicht so ganz unrecht.

§. 184.

Außer dieser ersterwähnten Hauptabsicht giebt es nun noch andere, zu welchen Thermometer eingerichtet werden können. Dahin gehört nun das von Sales ganz zum Behuf des Gewächtreiches eingetheilte Thermometer, (S. 160.) so wie auch die von Fowler und Benart. Indessen kommen bey diesen eigentlich nur die Aufschriften in Betrachtung, weil die Stufenleitern dabey ganz willkürlich sind. (S. 164. 165.) Auch würde es ungleich besser seyn, wenn nebst den Namen der Pflanzen die Sommer- und Winterkälte der Länder angezeichnet wären, wo die Pflanzen einheimisch sind, und in freyem Felde fortkommen.

§. 185.

Herr *de Lvc* ist, so viel ich weiß, der erste, welcher die Stufenleiter zu besondern Absichten eingetheilt hat. Man wußte schon seit Amontons, daß, weil die Wärme das Quecksilber im Barometer ausdehnt, eine gleiche Barometerhöhe nicht immer eine gleiche Schwere der Luft anzeigt. Es läßt sich daher ein Thermometer gedenken, welches das Verhältniß anzeigt, in welchem jedesmal die Barometerhöhe größer oder kleiner ist, als sie bey einem bestimmten Grad der Wärme seyn würde. Herr *de Lvc* stellte die Versuche mit den Barometern selbst an, und findet 6 Linien Unterschied für die Grade des zerstarrten Eises und siedenden Wassers. Jede dieser 6 Linien theilt er in 16 Theile, und erhält demnach 96 Theile, deren jeder $\frac{1}{16}$ Linie austrägt, damit man an diesem Thermometer so gleich sehen könne, wie viele $\frac{1}{16}$ Linien zu der Barometerhöhe wegen des Unterschieds der Wärme müssen addirt oder davon abgezogen werden. Für Barometerhöhen, die merklich verschieden sind, muß hiebey noch eine Reduction vorgenommen werden, die sich leicht gedenken läßt, und worauf auch schon andere Rücksicht genommen haben. Ich führe dieses nur erzählungsweise an. Die erwähnten 6 Linien sind mehr als man nach des *de l'Isle* und anderer Versuchen findet, wo nemlich für das Quecksilber die Ausdehnung vom friedenden zum siedenden Wasser nur $\frac{3}{20}$ und demnach auf 336 Linien Barometerhöhe nur 5,04 Linien austrägt.

§. 186.

Das andere Thermometer, so Herr *de Lvc* zu besondern Absichten eingetheilt hat, betrifft die von der Wärme herrührende Veränderung in der Dichtigkeit der Luft, bey gleichem Drucke. Hierauf muß man allerdings Rücksicht nehmen, wenn man die Höhen der Orter, mittelst der Barometerhöhen bestimmen will. Herr *de Lvc* gebraucht hiezu alle seine Beobachtungen, und arbeitet sich mit vieler Mühe und Weitläufigkeit durch dieselben durch. Endlich findet er, daß die Luft bey gleichem Drucke sich um $\frac{1}{215}$ Theil ihres Raumes ausdehnt,

wenn das Reaumur'sche Quecksilberthermometer um einen Grad steigt. Dieses giebt für den Unterschied des frierenden und siedenden Wassers $\frac{80}{215} = \frac{16}{43}$ Theile. Und damit dehnt sich die Luft bey gleichem Drucke vom frierenden zum siedenden Wasser, wie 43 zu 59, folglich wie 1000 zu 1372 aus. Ich habe dafür 1370 als eine runde Zahl angeetzt. (S. 89.) Herr de LUC theilt also sein Thermometer, um etwas größere Grade zu erhalten, zwischen frierend- und siedendem Wasser in $\frac{1}{2}$. $372 = 186$ Theile. Er gebraucht dabey Amontons's Lehrsäße, und nimmt an, daß die Ausdehnungen der Luft und des Quecksilbers einander proportional sind. Da er nun aus andern Versuchen findet, daß die Ausdehnungen des Quecksilbers mit den Graden der Wärme, wo nicht vollkommen, doch sehr nahe, zu gleichen Schritten gehen, so wird dieses ebenfalls von den Ausdehnungen der Luft gelten. Und dann wird mit richtiger Anwendung der Amontons'schen Lehrsäße doch folgen, daß das Luftthermometer nicht bloß arithmetische Unterschiede der Wärme, sondern absolute Verhältnisse ihrer Grade angiebt. Dieses wollte nun Herr de LUC dem Herrn ANAC nicht gelten lassen.

§. 187.

Herr de LUC nimmt ferner auf die astronomische Strahlenbrechung Rücksicht, welche bey verschiedenem Stande des Barometers und des Thermometers verschieden ist. Man hat bereits Tafeln, welche die Verbesserungen angeben. Und so läßt sich allerdings so wohl am Barometer als am Thermometer eine Stufenleiter anbringen, welche die mit der Strahlenbrechung vorzunehmende Reduction unmittelbar angiebt. Es müßte aber die Theorie noch erst selbst verbessert werden, weil außer der Schwere und Wärme noch auf die Dünste mit gesehen werden muß.

Neunter Abschnitt.

Einige Anmerkungen über die Gründe der Thermometerabtheilung.

§. 188.

Man ist nun ziemlich darinn übereingekommen, die Grade des frierenden und siedenden Wassers bey der Eintheilung der Thermometer zum Grunde zu legen. Und so blieb nur die Frage, diese Grade selbst genau zu untersuchen. In Ansehung des erstern Grades, war man nicht ganz eins, ob man frierend Wasser, Wasser unter dem Eise, schmelzend Eis, schmelzenden Schnee &c.

als den unveränderlichsten Grad anzusehen habe. Ich finde nicht, daß der Unterschied merklich ist, dafern man ihn nicht mit Vorsatz groß machet. Man kann ihn aber groß machen, weil daß Wasser nicht augenblicklich friert, noch das Eis und der Schnee augenblicklich schmelzen, und weil überdies auch das Thermometer den Grad, den es erlangen soll, nicht augenblicklich annimmt. Man nehme z. E. in der größten Kälte Wasser, welches schon bis zum Frieren erkaltet ist. Man werfe zerstoßenes Eis oder Schnee hinein, der 10, 12 und mehr Reaumur'sche Grade kälter ist, so wird das Wasser eben nicht so gleich ganz frieren, und doch viel kälter seyn als es für den verlangten Frierpunct des Thermometers seyn sollte. Wiederum sehe man in ein Gefäßchen voll Wasser, welches eben frieren will, ein Thermometer, das unmittelbar aus einer warmen Stube kömmt, so wird man bey strenger Kälte das Frieren an der Oberfläche des Wassers anfangen sehen, da das Thermometer erst noch dem innern Wasser seinen Ueberschuß von Wärme mittheilt. Ist das Gefäß groß, und man bringt es voll Wasser aus der warmen Stube, so wird bey strenger Kälte dessen Oberfläche zufrieren, während dem die innern Theile noch merklich mehr Wärme haben.

§. 189.

Will man demnach solche Ungewisheiten vermeiden, so thut man am besten, wenn man zu den Versuchen die Kälte wählt, die gerade nur zum Frieren hinreichend ist. Man nehme Wasser, welches schon die zum Frieren erforderliche Kälte hat. Man lasse ebenfalls das Thermometer erst diesen Grad annehmen, damit es nicht in das Wasser eine Wärme oder Kälte hineinbringe, die es nicht haben soll. Es wird also gut seyn, wenn das Thermometer voraus schon unter Wasser gestanden, dessen Oberfläche gefroren ist. Je langsamer das Wasser friert, desto sicherer geht der Versuch von statten. Daß man nicht viel Wasser nehmen muß, versteht sich von selbst, und eben so auch, daß das Wasser nicht gefalzen seyn müsse, weil gefalzen Wasser mehr Kälte zum Frieren erfordert als reines Wasser.

§. 190.

In Ansehung des andern Grades, nemlich des siedenden Wassers, hat Fahrenheit eine Veränderlichkeit bemerkt, die von der Barometerhöhe abhängt. Man fand, daß, wenn das Barometer um 1 Zoll tiefer steht, daß siedende Wasser um etwa 2 Fahrenheit'schen Grade weniger Wärme hat. Um aber diesen an sich geringen Unterschied genauer zu bestimmen, wurden Barometer und Thermometer auf hohe Berge gebracht, wo das Barometer um viele Zolle tiefer stand. In den Memoires de l'Acad. de Paris 1740. finde ich, daß Herr le Monnier. zu Perpignan bey der Barometerhöhe von 28". 2''' . und auf dem

Einige Anmerkungen über die Gründe der Thermometerabtheilung. 109

Canigou bey der Barometerhöhe von 20'', 2''' den Versuch angestellt, und auf dem Berge das siedende Wasser um 15 *de l'Isische* Grade weniger warm gefunden. Der Unterschied der Barometerhöhe beträgt 8 Pariser Zoll, und die 15 *de l'Isische* Grade sind so viel als 18 Fahrenheit'sche oder 8 Reaumur'sche Quecksilber-Grade.

§. 191.

Im Jahr 1769 und 1770 fand der Abt FAUGERE die Hitze des siedenden Wassers, wie folgt:

Zu Bourdeaux	80	Gr. Reaum.	28''	0'''	Barom.
Barreges	77 $\frac{3}{4}$	—	24.	3	—
auf dem Pic du midi	72	—	20.	7	—

§. 192.

Es hat sich aber in dieser Untersuchung niemand mehr Mühe gegeben als Herr de LUC. Sein Reaumur'sches Thermometer zeigt 80 Grad für siedendes Wasser, wenn das Barometer bey 27 Pariser Zollen steht. Von seinen zahlreichen Beobachtungen wird es genug seyn, folgende anzuführen:

1770. 2 Jul. zu Beaucaire	28''	5,1	Barom.	81,09	Therm.
2 Aug. zu Auriol	27.	11	—	80,72	—
20 Nov. zu Geneve	25.	11,4	—	79,19	—
16 Sept. Grange des arbres	24.	10,6	—	78,20	—
21 — Grange des fonds	24.	1,1	—	77,45	—
22 — Grasse chevre	22.	11,9	—	76,54	—
25 Aug. Grenairon	20.	4,9	—	73,92	—
25 Sept. Glacier du Buet	19.	7,9	—	73,21	—

§. 193.

Ich habe die Barometerhöhen als Abscissen und die Thermometergrade als Ordinaten gezeichnet, und gefunden, daß die dadurch bestimmten Punkte von einer geraden Linie sehr wenig abweichen, und daß man eben daher für jeden Zoll Barometerhöhe 0,9 Grad des Reaumur'schen Quecksilberthermometers rechnen kann. Dieses ist zum gemeinen Gebrauche mehr als hinreichend. Die gerade Linie, so ich zwischen alle Punkten durchgezogen habe, giebt

110 Einige Anmerkungen über die Gründe der Thermometerabtheilung.

Barometer.	Thermometer.
29'' :	: 81,8
28 :	: 80,9
27 :	: 80,0
26 :	: 79,1
.....	
19 :	: 72,8

Herr de Lvc glaubt ferner, er habe über siedendem Wasser einen luftleeren Raum erhalten können, und sagt, das Wasser habe nur 65 Grad Wärme angenommen; es sey aber, als wiederum Luft hinzugekommen, bis auf 89,8 Grade erhitzt worden, nachdem aber mehr Luft sich hineingezogen, sey die Hitze desselben bey 27 Zoll Barometerhöhe wiederum auf 80 herunter gekommen. Dieses sind drey verschiedene Grade, von welchen sich nur die zween ersten mit einander vergleichen lassen. Sie geben $89,8 - 65 = 24,8$ Grade Unterschied. Und wenn in der That das Wasser so viel als luftleer gewesen, so sind diese 24,8 Grade für 27 Zoll Barometerhöhe. Dieses giebt für jeden Zoll 0,91 Grad, und trift mit dem, was meine gerade Linie giebt, sehr nahe überein. Es wird demnach aus beyden Betrachtungen folgen, daß der Druck der Luft, wenn das Barometer 27 Pariser Zoll Höhe hat, die Hitze des siedenden Wassers um 24 bis 25 Grade des Reaumurischen Quecksilberthermometers vermehre. An des Herrn de Lvc Theorie über diese Sache, finde ich nicht nöthig, mich hier aufzuhalten. Er fängt sie damit an, daß er dem Druck der Luft alle Kraft abspricht, das Wasser so zusammenzuhalten, daß, um es zum Sieden zu bringen, ein größerer Grad von Hitze erfordert wird. So würde ich die Theorie nicht anfangen.

Fünftes Hauptstück, Hydrostatische Thermometer.

S. 194.

Der Umstand, daß die Wärme die Körper ausdehnet, zieht die Folge nach sich, daß die Körper durch die Wärme von leichterer Art werden; so daß z. E. ein Cubic: Zoll bey größerer Wärme weniger wieget als bey geringerer. Wäre nun der Unterschied merklicher, als er bey den meisten Körpern ist, so würde man längst schon darauf verfallen seyn, die Grade der Wärme nach der veränderten Schwere zu schätzen. Indessen hindert der geringe Unterschied nicht, auf denselben Rücksicht zu nehmen. Es wird nur erfordert, daß man ihn mit mehrerer Genauigkeit bestimme. Nun sind die Mittel, die spezifische Schwere der Körper zu erforschen schon so bekannt, daß ich es bey der Anzeige derjenigen, die zur gegenwärtigen Absicht am dienlichsten sind, kann bewenden lassen. Ich werde sie auch nur in so fern anführen, als es nöthig ist, auf die dabey zu gebrauchenden Vorsichtigkeiten Acht zu haben. Zu diesem Ende werde ich bey flüssigen Materien anfangen. Um die Veränderungen ihrer Schwere zu bestimmen, kann man sich eine gläserne Kugel oder ein ander Glas mit einem engen Halse wählen, und dieselbe mit der zu untersuchenden flüssigen Materien auffüllen und abwägen. Der Hals muß enge seyn, damit man desto genauer sehen könne, wie hoch die flüssige Materie darinn steht, und damit der Fehler, so man in Bestimmung dieser Höhe begehen kann, einen geringen Unterschied in dem Gewichte hervorbringe. Will man immer einerley Raum erhalten, so muß an dem Halse ein Zeichen gemacht werden, damit das Glas immer bis an das Zeichen gefüllt werden könne.

S. 195.

Das Glas ist zu solchen Bestimmungen aus mehreren Gründen das schicklichste. Denn wegen seiner Durchsichtigkeit läßt sich ohne Mühe sehen, ob die flüssige Materie genau bis an das am Halse gemachte Zeichen steht. Ferner wird es von ätzenden flüssigen Materien, zumal wenn es hartes Glas ist, am wenigsten angegriffen. Und endlich dehnt es sich durch die Wärme sehr wenig aus. Die Ausdehnung, die es vom frierenden zum siedenden Wasser leydet, beträgt nach Herberths Versuchen (Dissert. de Igne p. 15.) nur $\frac{1}{1151}$ Theil der Länge, welches dem körperlichen Raume nach einen $\frac{1}{354}$ ten Theil austrägt. Man kann also beurtheilen, ob oder in welchen Fällen es nöthig ist, darüber Rechnung zu führen.

§. 196.

Den 19ten Jul. 1765. füllte ich ein solches Glas mit siedendem Wasser in dem siedenden Wasser selbst. Es versteht sich, daß ich es vorerst über den Dampf des Wassers halten mußte, damit es die Hitze nach und nach annehmen konnte, weil es sonst leicht würde zersprungen seyn. Auch versteht es sich, daß ich es nicht mit der Hand in das siedende Wasser tauchte, sondern ein Zängelcin dazu gebrauchte, oder auch einen Drat darum windete. Da es nun voll siedend Wasser war, zog ich es mit aufgerichtetem Halse heraus, trocknete es außen herum mit einem feuchten Schwamm ab, und stellte es ohne allen Verzug auf eine Waage, damit es so wenig als möglich ausdünstete, bis ich es gewogen hatte. Zu diesem Ende hatte ich schon voraus auf die Waage so viel Gewicht gelegt, daß nur noch einige Grane und deren Decimaltheile anzulegen waren. Das Wasser wog 169,4 Gran. Ich ließ es hierauf erkalten, bis es die Wärme der äußern Luft erlangt hatte. Das Wasser fiel in dem Halse des Glases, theils weil es sich zusammenzog, theils weil etwas wenig ausdünstete. Hierauf füllte ich das Glas mit anderm Wasser, welches ebenfalls die Wärme der äußern Luft hatte, ganz voll, und fand nun, daß es 174,8 Gran wog. Das Reaumur'sche Thermometer stand bey 19ten Grad. Dieses ist demnach der Grad der Wärme des erkälten Wassers. Da nun die Ausdehnung in umgekehrter Verhältniß des Gewichtes bey gleichem Raume ist, so ist sie, wie 169,4 zu 174,8, folglich, wie 31 zu 32. Die Ausdehnung des Glases betrug hiebey kaum $\frac{1}{100}$ Theil, und ist daher viel zu geringe, als daß sie in Betrachtung kommen sollte.

§. 197.

Ich habe übrigens diesen Versuch nur angeführt, um das Verfahren zu beschreiben. Man sieht ohne Mühe, daß wenn man ein eigentlich dazu gewidmetes Glas hat, man ohne alle Mühe dasselbe zu verschiedenen Zeiten mit beliebigen flüssigen Materien anfüllen und sie abwägen kann, um aus dem Gewichte ihre Ausdehnung zu bestimmen. Denn wenn die Materien an sich schon die Wärme der äußern Luft haben, so gebraucht es dazu keiner andern Vorbereitung. Es versteht sich auch, daß man ein Thermometer dabey haben muß, um nebst den Verhältnissen der Ausdehnung auch kenntliche Grade der Wärme angeben zu können. Und da gewisse Materien, wie z. E. Weingeist, Branntwein ic. nicht immer von gleicher Güte sind, so ist ebenfalls klar, daß man auf diese Unterschiede Rücksicht nehmen müsse.

§. 198.

Ich kann nicht sagen, ob Eisenschmied sich dieser Art zu verfahren bedienen habe, um die besondere Schwere vieler flüssigen Materien zu Winters und
Som:

Sommerszeit zu bestimmen. Er giebt in seinem Buche: *de ponderibus et mensuris*, das Gewicht eines Cubic-Zolles an, ohne zu beschreiben, wie er es bestimmt hat. Das Gewicht begnügt er sich in ganzen Granen zu bestimmen. Bis so weit mag es demnach richtig angegeben seyn. Hingegen bleiben die Grade der Wärme unbestimmt. Eisenschmied spricht nur von Sommer und Winter. Man kann aber, weil Eisenschmied überhaupt viele Genauigkeit hatte, mit Grunde vermuthen, daß er die Versuche bey gleicher Sommerwärme und gleicher Winterkälte angestellt hat. Wie groß nun diese letztere mag gewesen seyn, das läßt sich aus seiner Tafel noch ziemlich genau bestimmen. Unter den Materien, die er zu Sommerszeit gewogen hatte, war auch Olivenöl, und süßes Mandelöl. Diese beyden Oele waren zur Zeit als er des Winters das Abwägen vornahm gefroren. Hingegen war Brunnenwasser und Flußwasser nicht gefroren.

§. 199.

Ich hatte nun den 9ten Hornung 1769. Baumöl vor das Fenster gestellt, wo es fror. Das Thermometer in demselben stund 3 Reaumur'sche Grade über dem Frierpunct. Ich brachte es hierauf in die Stube. Das dareingesetzte Thermometer stieg einige Grade, ohne daß das Oel anfang sichtbar zu schmelzen. Des Abends war vor dem Fenster die Kälte 1 Grad über 0. Ich stellte das Baumöl hin, und es wollte nicht gefrieren. Dieses ist, was ich unter meinen Beobachtungen aufgezeichnet finde. Es folgt daraus, daß zur Zeit, da Eisenschmied seine Versuche im Winter anstellte, die Kälte kaum etwas über dem Frierpunct gewesen ist.

§. 200.

Was nun ferner den Grad der Sommerwärme betrifft, so giebt Eisenschmieds Tafel ebenfalls Umstände an, woraus sie kann ziemlichmaassen bestimmt werden. Er gebraucht Markgewicht, von 16 Unzen, jede Unze zu 8 Quintgen und 1 Quintgen zu 72 Gran gerechnet, so daß 9216 Gran 1 Pfund ausmachen. In solchen Granen wog ein Pariser Cubic-Zoll Quecksilber des Sommers 4170, des Winters 4190. Hiebey dient nun das *de l'Isle* Thermometer. Die Kälte des Winters können wir auf den 148sten *de l'Isleschen* Grad sehen. Dieses giebt für den Raum des Quecksilbers im *de l'Isleschen* Thermometer $10000 - 148 = 9852$ Grade. Nun ist

$$4170: 4190 = 9852: 9899.$$

Und $10000 - 9899 = 101$, folglich traf die Sommerwärme auf den 101 *de l'Isleschen* oder 91sten Fahrenheit'schen Grad. Dieses zeigt die größte Sommerhitze in einem gegen Mittag liegenden Zimmer an.

S. 201.

Ich habe mich hiebey aufgehalten, weil Eisen Schmieds Tafel hier eine Stelle verdienet, und weit es sich immer der Mühe lohnet zu wissen, daß die bey seinen Versuchen gewesene Winterkälte und Sommerwärme um 47 de l'Islesche oder 57 Fahrenheitische oder 25 Reaumurische Quecksilbergrade von einander verschieden gewesen. Die Tafel selbst ist folgende, jedoch so abgeändert, daß die Gewichte in Granen ausgedrückt sind, und noch eine Columne beygefügt ist, welche zeigt, in welcher Verhältniß jede der Materien ausgedehnt worden.

Ein Pariser Cubic-Zoll von	Gewicht im Sommer.	Gewicht im Winter.	Verhältniß
Quecksilber	4170	4190	1,0048
Vitriolöl	563	575	1,0213
Vitriolgeist	393	398	1,0127
Salpetergeist	456	476	1,0438
Salzgeist	409	415	1,0147
Scheidewasser	455	467	1,0246
Schwefelgeist	394	399	1,0127
Eßig	375	381	1,0160
destillirter Eßig	371	375	1,0108
Champagner-Wein	354	358	1,0101
Burgunder-Wein	336	345	1,0268
Weingeist	320	330	1,0312
weißes Bier	361	369	1,0222
braunes Bier	362	367	1,0138
Cidre	360	366	1,0167
Käsemilch	380	385	1,0132
Ziegenmilch	384	388	1,0104
Eselmilch	377	381	1,0106
Molcken	374	379	1,0134
Urin	374	379	1,0134
Uringest	405	413	1,0198
Weinsteinöl	531	547	1,0300
Baumöl (war im Winter gefroren.)	341	—	—
süßes Mandelöl (gefroren.)	342	—	—
Therbentindöl	327	334	1,0214
Seewasser	444	450	1,0135
Flußwasser	370	373	1,0081
Brunnenwasser	371	374	1,0081
destillirt Wasser	368	371	1,0081

§. 202.

Zomberg führt in den Mem. de l'Acad. de Paris 1699. einige ähnliche Versuche an. Nach denselben wog ein gleiches Maas von

Quecksilber im Sommer	5287	im Winter	5312	1,0047
Weinsteindl	660	691	1,0455	
Witrioldl	718	723	1,0070	

Diese Versuche stimmen mit denen von Eisenschmied wenig überein. Ob Druckfehler die Zahlen unrichtig machen, oder ob Zomberg die Maasse nicht genau genommen, das mag dahin gestellt bleiben.

§. 203.

Die Schwere der flüssigen Körper wird ferner gefunden, wenn man durch Versuche bestimmt, wie viel ein schwererer Körper in denselben von seinem Gewichte verliert. Man kann hiezu eine gläserne Kugel gebrauchen, in welche man so viel Quecksilber, Bley, Sand u. gethan hat, daß sie in den flüssigen Materien untersinke, dabey aber den größten Theil ihres Gewichtes verliere. Man würde sie ohne alle Nothwendigkeit schwerer machen, weil man dadurch nur verursachen würde, daß die Waage einen unmerklichen Ausschlag giebt. An der Kugel wird eine kurze Röhre gelassen, die man, wenn die Kugel schwer genug ist, zuschmelzt. Sie muß an einem feinen metallenen Drat an die Waage gehänget und in die flüssigen Materien herunter gelassen werden, in welchen man sie wägen will. Auch muß man sehen, daß nicht etwa Luftblasen daran hängen bleiben.

§. 204.

Da das Abwägen hiebey etwas beschwerlich fällt, so ist man auch längst schon darauf verfallen, dasselbe entbehrlich zu machen. Man fand, daß Körper, die leichter sind als die flüssigen Materien, sich in denselben nicht ganz einsenken. Die Tiefe des Einsenkens konnte demnach ein Mittel abgeben, die Schwere der Materien zu bestimmen. Man mußte nur darauf bedacht seyn, daß man dadurch sehr geringe Unterschiede und dennoch genau bemerken konnte. Dieses erhielt man dadurch, daß man den hervorstehenden Theil sehr dünne machte. Sie werden von denen, welche sich mit Glasscheifen, Barometer und Thermometer machen u. beschäftigen, ebenfalls von Glas gemacht und unter dem Namen von Weinproben oder Bierproben verkauft.

§. 205.

Ich hatte mir ein solches 1750 angeschaffet. Da ich nun wissen wollte, was es eigentlich für eine Sprache führe, so stellte ich folgende Untersuchung an:
 Figur. 4. Die 4te Figur stellt dasselbe in seiner wahren Größe vor. Die untere Kugel C ist nicht ganz bis zur Hälfte mit bleiernen Schrotten angefüllt. An der Röhre sind von E bis D 25 Körner von braunrothem Glase angeschmolzen, doch so, daß von 6 zu 6 eines von milchweißem Glase ist, damit man leichter zählen könne. Ehe man das Instrument in Wasser oder eine andere flüssige Materie senkt, wird es aufgerichtet gehalten und gerüttelt, damit die Schrote ganz unten in C zu liegen kommen.

§. 206.

Ich fand nun, daß das Instrument sich in Brunnenwasser, welches 14 Reaumur'sche Grade Wärme hatte, sich bis an den $4\frac{1}{2}$ Theil in F einsenkte. Hierauf steckte ich oben in den Ring bey A ein Gewichtgen von 10 Gran, um das Instrument schwerer zu machen. Damit senkte es sich in eben dem Wasser um 18 Theile tiefer bis in G. Daraus folgt nun, daß der Raum der Röhre von F bis G so viel als 10 Gran von dem Wasser austrägt. Da nun das Instrument für sich 193 Gran wieget, so konnte ich mittheil der Regel detri-

10 Gran: 18 Theile = 193 Gran: 347,4 Theile
 den Schluß machen, daß, wenn das Instrument bis in F in Wasser steht, es in demselben eben so viel Raum einnimmt, als wenn es eine Röhre von 347,4 Theilen Länge wäre. Diesem zufolge konnte ich den ersten Punct E als den 343sten, den Punct F als den 347 $\frac{1}{2}$ sten, den Punct G als den 365 $\frac{1}{2}$ sten, und den Punct D als den 367sten Theil ansehen. Und so berechnet geben diese Theile das Verhältniß des Raumes an, den das Instrument in jeder flüssigen Materie einnimmt.

§. 207.

Um diesen Raum in bekannnten Maassen zu finden, rechnete ich, daß ein rheinländischer Cubic-Fuß Wasser 506800 Gran wiegt. Da nun das Gewicht des Instruments 193 Gran beträgt, so findet sich, daß 193 Gran Wasser den $\frac{1}{2628}$ Theil eines rheinländischen Cubicfußes ausfüllen, und folglich so groß als 1137 Cubiclinien sind. So viel enthalten die Kugel bis an die Röhre in F, das will sagen bis an den 347 $\frac{1}{2}$ Theil. (S. 206.) Hieraus ergibt sich dann ohne Mühe, daß der Raum der Röhre von E bis D, 78 $\frac{1}{2}$ Cubiclinien austrägt, und folglich für jeden Theil 3,27 Cubiclinien zu rechnen sind.

§. 208.

Ich setzte nun das Instrument nebst einem Thermometer in Wasser, welches auf dem Ofen stand. Als es 48 Reaumur'sche Grade von Wärme hatte,

fiel das Instrument bis zum 8ten Theile in H, demnach $3\frac{1}{2}$ Theile mehr als es in Wasser von 14 Grad Wärme gefallen war. Da nun (§. 206.)

in F — — — — $347\frac{1}{2}$ Theile

H — — — — 351

zu rechnen sind, so war für den Unterschied von $48 - 14 = 34$ Reaumur'schen Graden Wärme die Ausdehnung des Wassers, wie $347\frac{1}{2}$ zu $351 = 1000:1010$.

§. 209.

Ich führe dieses nur als ein Beispiel an. Denn zu solchen Versuchen müßte die Röhre E D viel dünner seyn, damit geringere Unterschiede bemerkt werden können. Weil aber sodann die Röhre viel länger seyn müßte, so hat man, um diese größere Länge unnöthig zu machen, sich anderer Mittel bedient. Man verfertigt das Instrument so, daß es in der leichtesten flüssigen Materie, die man zu untersuchen gedenkt, bis in D einsinke. Da es nun in schwerern sich nicht bis an die Röhre einsenken würde, so wird es mit Gewichten beschweret, die entweder unten an C angehängt oder oben aufgelegt werden. Die Stufenleiter bleibt hiebey wie sie ist. Sie giebt mittelst der vorläufig angestellten Rechnung (§. 206.) den Raum an, den das Instrument in der flüssigen Materie einnimmt. Das Gewicht des Instrumentes, nebst dem so oben aufgelegt worden, macht zusammen das Gewicht der Materie aus, deren Raum das Instrument einnimmt. Und so kann Gewicht und Raum gegeneinander proportionirt werden. Z. E. das Instrument sank im Wasser bis in F zum $347\frac{1}{2}$ Theil, und wieget 193 Gran. Als ich oben 10 Gran auflegte, wog es $193 + 10 = 203$ Gran. Und es fiel in eben dem Wasser bis in G zum $365\frac{1}{2}$ Theil, oder 18 Theile tiefer. Nun ist es gleich viel, ob für $347\frac{1}{2}$ Raum 193 Gran Gewicht, oder für $365\frac{1}{2}$ Theile Raum 203 Theile Gewicht gerechnet werden.

§. 210.

Dieses ist für den Fall, wo die Gewichte oben auf gelegt werden; hängt man sie aber unten an, so kommen sie in die flüssige Materien und sind darinn weniger schwer. Das ändert nun die Rechnung. Man thut am besten, wenn man hiezu besondere Gewichte widmet, und jedes, so man anhängt, so betrachtet, als wenn es mit dem Instrument eine Masse machte. Man nimmt sodann die Probe (§. 206.) für jedes dieser Gewichte besonders vor, um zu bestimmen, wie viel Raum für einen jeden Theil der Stufenleiter E D gerechnet werden muß.

§. 211.

Wenn man sich ein solches Instrument will machen lassen, so fängt man an eine Röhre auszusuchen, welche dünne sey, und durchaus gleichen äußern Dia-

meter habe. Soll nun das Instrument in Materien, deren Schwere nur um $\frac{1}{100}$ Theil verschieden ist, sich von E bis in D senken, so müssen die Kugeln und die Röhre bis in E 100mal mehr Raum einnehmen, als die Röhre von E bis D. Wie groß nun die Kugeln werden sollen, läßt sich sodann nach bekannten geometrischen Sätzen bestimmen. Man thut hiebey gut, wenn man die untere Kugel C nicht größer macht, als daß sie gerade das Quecksilber oder die bleyernen Schrotten fasse, welche hinein kommen müssen, um dem Instrumente das erforderliche Gewicht zu geben. Auch dieses kann vermittelst der bekannten besondern Schwere der Körper leicht gefunden werden. Und die Eisenschmiedsche Tafel (§. 201.) ist hiebey von vorzüglich gutem Gebrauche.

§. 212.

Dieses Instrument als Thermometer betrachtet, hat den Vortheil, daß es nebst der besondern Schwere der flüssigen Materien auch ihre Wärme angiebt, und zwar ohne allen Zeitverlust. Bey andern Thermometern muß man erst warten, bis sie den Grad der Wärme angenommen haben, und so lange muß man die Materien bey dem Grade der Wärme erhalten, weil sonst das Thermometer denselben nicht erreichet, indem die Materie früher erkaltet. Bey den Versuchen müssen die sich leicht anhängende Luftblasen weggeschafft werden.

§. 213.

Wenn Metalle und Steine sich mehr als sie es thun, durch die Wärme ausdehnen, so würde man durch ihr Abwägen in Wasser bestimmen können, wie viel sie sich mehr oder weniger als das Wasser bey einerley Graden von Wärme ausdehnen. Und dann dürfte man nur die Ausdehnung des Wassers bestimmen, um auch die von den Metallen zu finden. Die Ausdehnung von diesen ist aber so geringe, daß dieses Mittel nicht wohl gebraucht werden kann.

Sechstes Hauptstück.

Von der Ausdehnung fester Körper durch die Wärme.

S. 214.

Die ersterwähnte geringe Ausdehnung fester Körper durch die Wärme zieht mehrere Hindernisse nach sich, wenn man sie genau bestimmen will. Man muß sie von großer Länge nehmen, damit die durch die Wärme verursachte Verlängerung merklich genug werde, um sie messen zu können. Gebraucht man hiezu einen Maasstab, so giebt es Mühe, wenn man vermeiden will, daß derselbe sich nicht selbst auch durch die Wärme ausdehnt, weil man sonst nur den Unterschied der Ausdehnung finden würde. *Dalencé*, welcher diese Schwierigkeit schon vor 1688 eingesehen, schlug daher andere Mittel, und zwar besonders die Pendelschwingungen vor. Diese richten sich allerdings nach der wahren Entfernung des Schwungpunctes vom Aufhängepunct, und können leicht gezählt werden. Man hat aber auch zu besorgen, daß die Dauer der Schwingungen durch das Anreiben, durch den Widerstand und nicht immer gleiche Dichtigkeit der Luft verändert wird, und daß man folglich die schlecht hin nur von der Wärme herrührende Veränderung erst nach Abzug dieser andern Hindernisse bestimmen kann. Man hat deswegen lieber die Frage umgekehrt, und die Ausdehnung der Pendulstangen durch die Wärme, mittelst anderer Versuche zu bestimmen gesucht, um sodann eine Anwendung davon auf die daherrührende Ungleichheiten im Gange der Pendul-Uhren zu machen.

S. 215.

Zu diesen Untersuchungen hat *Richers* Beobachtung in *Cayenne* Anlaß gegeben. Er fand daselbst 1672, daß sein von Paris mitgebrachtes Pendul täglich um 2'. 28" zu langsam gieng, und er es um $1\frac{1}{4}$ Linie verkürzen mußte, damit es Secunden schlagen konnte. Man besorgte Anfangs, es möchte unterwegs etwas daran verrückt worden seyn. Daher wurde es mit aller Sorgfalt wieder nach Paris gebracht, und die Besorgniß fand sich unbegründet. Man suchte also den Grund in der größern Wärme zu *Cayenne*, und etwa auch in der daselbst dünnern Luft. Diese Ursachen konnten wohl etwas thun, und also war zu sehen, ob sie stark genug sind, um den Unterschied ganz hervor zu bringen. Nun hatte *Picart* gefunden, daß eine eiserne Stange, die in der Kälte des Winters 1 Fuß lang war, sich am Feuer um $\frac{1}{4}$ Linie, demnach um $\frac{1}{375}$ Theil verlängere. *La Hire* fand, daß eine eiserne Stange, die in der Winterkälte 6 Fuß lang war, im Sommer an der Sonne um $\frac{2}{3}$ Linien, demnach um $\frac{1}{1250}$ Theil länger geworden. *New-*

ton schloß hieraus richtig, daß man das Pendul keinen so großen Unterschieden der Wärme aussetze, und daher Richers Beobachtung aus andern Gründen müsse erklärt werden. Hier kam die Umwälzung und abgeplattete Figur der Erde in Betrachtung. Man blieb aber in Frankreich noch lange ungläubig, weil man das dadurch sehr erschütterte Cartesische Lehrgebäude noch aufrecht zu halten hoffete.

§. 216.

Etwa 60 und mehr Jahre nach Richers Erfahrung, und also sehr spät, entstand endlich in Frankreich eine neue Epoche. Newton fand Anhänger. Man nahm neue Prüfungen von der Ausdehnung der Pendul- und Messstangen durch die Wärme vor, und suchte dabey die äußerste Schärfe. Man brachte Micrometer an, um die geringe Ausdehnung besser zu bestimmen, und die Bewegung, welche bey der Ausdehnung vorkommt, wurde durch Räderwerke größer und sichtbar gemacht. Die Untersuchung wurde noch wichtiger, seitdem man in England darauf verfallen, Pendulstangen aus verschiedenen Metallstücken so zusammen zu setzen, daß das sich mehr ausdehnende Metall dienen sollte, die durch das sich weniger ausdehnende verursachte Verlängerung des Penduls aufzuheben, und so zu sagen, = 0 zu machen.

§. 217.

Es wird genug seyn, wenn ich den Erfolg dieser Untersuchungen in eine Tafel bringe, damit sich alles leicht übersehen lasse. Ich setze demnach, die Länge der Stangen sey = 1, wenn sie die Kälte des Fixpuncts haben. Sodann seyn dieselben entweder in siedendem Wasser, oder wo sie sonst irgend den Grad der Hitze desselben erhalten können. Die Verlängerung, so dadurch verursacht wird, stellt in Decimaltheilen folgende Tafel vor:

	Muschelbrock.	Herbert.	D. Juan.	Bouguer.	Condamine, Berthoud.
Eisen	0,00073	0,00107	0,00092	0,00055	0,00106
Stahl	0,00077	—	0,00127	—	—
Kupfer	0,00080	0,00156	0,00167	—	0,00174
Messing	0,00101	0,00172	0,00204	—	—
Silber	—	0,00189	—	0,00073	—
Zinn	0,00141	0,00212	—	—	—
Bley	0,00142	0,00262	—	0,00109	—
Gold	—	—	—	0,00094	—
Glas	—	0,00086	0,00060	0,00026	—

§. 218.

Man sieht aus dieser Tafel, daß Zerbert durchaus größere Ausdehnungen angibt als Muschenbroeck. Dieses giebt Anlaß zu schließen, es müsse bey den Instrumenten ein Umstand gewesen seyn, der diesen Unterschied verursachte. Bouguer giebt weniger an als Muschenbroeck, hingegen geben D. *JUAN*, *CONDAMINE* und *Berthoud* mehr an. Es sind unter diesen Versuchen einige, wo die Zahlen durch Rechnungen gefunden werden mußten, und wobey man vom Kleinern aufs Größere den Schluß machte. Man maas die Ausdehnung nur für 10 Reaumur'sche Grade, und vergrößerte sie durch Rechnung, bis man glaubte, man habe die Ausdehnung vom Frierpunct zum Siedepunct getroffen. Man legte ebenfalls Thermometer und Stangen an die Sonne, bis das Thermometer 10 Grade gestiegen, gerade als wenn dann die Stangen auch 10 Grade Wärme erlangt hätten, da doch Größe, Figur, Materie und Farbe hiebey alles ändert.

§. 219.

In *Franzens Staatsgeographus* finde ich einen Versuch, den *Lowiz* den 27sten April 1753. zu Nürnberg mit einer 20 Fuß langen eisernen Stange vorgenommen. Er legte sie des Morgens frühe, nebst einem Thermometer an die Sonne, und zeichnete die Verlängerungen, die sie bis um 11 Uhr durch die Sonnenwärme erhielt, nebst den Graden des Thermometers sehr oft auf. Das Thermometer soll nach einem alten *Fahrenheitschen* (§. 111.) zu Berlin verfertigt worden seyn. Damit wäre an demselben die Blutwärme + 90, die Kälte des mit *Salmiac* gemischten Eises — 90 gewesen. Es stund des Morgens bey + 11 Gr. Um 11 Uhr bey + 114. und Abends vor 5 Uhr bey + 46 Grad. Der Grad an der Mittagssonne trift auf den 36sten oder 37sten Grad des *Reaumur'schen* Weingeistthermometers. Vermuthlich muß die Erwärmung des Brettgens, woran das Thermometer befestigt war, zu dieser starken Wärme des Thermometers beygetragen haben. Indessen ist ganz gewiß die eiserne Stange wärmer geworden, und zwar wenigstens so viel, daß *Wachs* darauf hätte schmelzen können. Wir können also die Wärme des Eisens um 11 Uhr, wenigstens auf den 142sten *Fahrenheitschen* Quecksilbergrad setzen. Und da dessen Wärme des Morgens nur 52 Grade betragen, so ist die Stange um 90 *Fahrenheitsche* Grade erwärmt worden. Nun fand *Lowiz*, daß sie sich um $\frac{1}{2500}$ verlängert hatte. Daraus folgt nun, daß sie sich vom frierenden zum siedenden Wasser höchstens um $\frac{1}{1250}$ oder 0,00080 Theil ausgedehnt haben würde. Diese Bestimmung kömmt der *Muschenbroeck'schen* (§. 217.) am nächsten.

S. 220.

Was das Holz betrifft, so hat Celsius dabey eine Ausnahme gefunden. Er hatte hölzerne Stangen in einem Zimmer, welches 14 Reaumur'sche Grade warm war. Als er sie in die Kälte von — 14 Graden legte, fand er sie um $\frac{1}{8000}$, nicht kürzer, sondern länger. Nun weiß man, daß das Wasser sich beim Frieren ausdehnt. Man weiß ferner, daß das Holz, zumal in der Kälte, Feuchtigkeit in sich zieht. Daraus wird sich demnach der widersinnigseheinende Erfolg müssen erklären lassen. Das Holz wurde in der Kälte eigentlich nicht ausgedehnt, sondern aufgeschwollen. Daß es so wenig austrug, möchte wohl daher kommen, daß Kälte und Feuchtigkeit einander entgegen wirkten.

S. 221.

Dieses war hier anzumerken, weil man auch in andern Fällen die hygrometrischen Wirkungen von den thermometrischen zu unterscheiden hat. Kraft und andere haben Hölzer, Pflanzen, Wurzeln, Leder, Därme, Beine ic. als Beispiele angeführt, um zu zeigen, daß die Wärme nicht alle Körper ausdehne. Wenn dieses nur sagen will, daß man den Satz von der Ausdehnung der Körper durch die Wärme, nicht ohne Rücksicht auf andere Wirkungen der Wärme gebrauchen müsse, so ist es vollkommen richtig. Die angeführten Beispiele betreffen solche Körper, aus denen die Wärme die Feuchtigkeit her austreibt. Damit hört die von der Feuchtigkeit herrührende Aufschwellung auf, und so kann es allerdings seyn, daß die Körper im Austrocknen sich weit mehr zusammenziehen, als sie durch die Wärme ausgedehnt werden.

Siebentes Hauptstück.

Thermometer von festen Körpern.

§. 222.

Flüssige Materien nehmen die Figur aller Gefäße an, in welche sie gegossen werden, und daher war es leicht auch die geringste Ausdehnung, die sie von der Wärme erhalten sichtbar zu machen, indem man sie in Kugeln mit engen Röhren einschloß. Man hatte hiebei noch den Vortheil, daß man die nach allen drey Dimensionen des Raumes, das will sagen nach der Länge, Breite und Dicke fortgehende Ausdehnung in eine nach der Länge fortgehende verwandeln, und dadurch die Ausdehnung dreysach merklicher machen konnte, auch wenn man sich anstatt einer Kugel mit einer engen Röhre, nur eines Cylinders bedienen wollte.

§. 223.

Diese Vortheile fallen bey festen Körpern weg. Da sie sich nun sehr wenig ausdehnen, so vermehrte dieses die Schwierigkeit aus denselben Thermometer zu machen. Indessen war an solchen Thermometern, zumal an solchen, die von Eisen gemacht werden könnten, nicht wenig gelegen, weil ihr Gebrauch sich bis zur Hitze des glühenden Eisens erstrecken würde. Man hatte nun, wenigstens um die Ausdehnung durch die Wärme zu beweisen, metallene Ringe und Kugeln gemacht, welche in der Kälte genau in die Ringe paßten. Als man die Kugeln erhitze, fand es sich, daß sie nicht mehr darinn paßten, sondern zu groß waren, und folglich über die Hälfte, außer dem Ringe, blieben. Hieraus ließ sich einigermaßen bestimmen, wie viel sie ausgedehnt worden. Da aber das Ausmessen einige Zeit fordert, so erkaltet inzwischen die Kugel und der davon berührte Ring erwärmt sich; und aus beyden Gründen findet man die Ausdehnung geringer als sie Anfangs war.

§. 224.

Die Wärme bringt bey einigen Körpern, wie z. E. bey hölzernen Latten, Stangen, Brettern zc. die Wirkung hervor, daß dieselben sich krümmen und biegen, und dieses erfolgt nothwendig, so bald sie sich auf der einen Seite mehr ausdehnen als auf der andern. Da aber bey dem Holze, Leder, Horn zc. diese Krümmung mehr hygrometrisch als thermometrisch ist, so kann sie hier nicht gebraucht werden, und um so weniger, daß sie mit der Zeit fast ganz unveränderlich wird, dafern man das Holz nicht einer starken Hitze aussetzet, oder es aufs neue anfeuchtet.

S. 225.

Man ist aber, wie man mir berichtet hat, in England auf den Gedanken gefallen, daß die erst erwähnte ungleiche Ausdehnung und daher rührende Krümmung auch bey Metallen könne erhalten werden, wenn man Bleche hätte, die auf der einen Seite Kupfer, auf der andern von Eisen wären. Dieses konnte, ohne eine Lötung vorzunehmen, mittelst der Streckwalzen erhalten werden. Diese aus zwey Metallen bestehende Bleche müssen sehr dünne seyn. Man macht sie schmal, aber mehrer Zolle lang. Alsdann ist der Erfolg, daß sie durch die Wärme an der Seite einwärts gebogen werden, wo das Eisen, oder überhaupt, das sich weniger ausdehnende Metall ist. Die Beugung soll sehr beträchtlich seyn, so daß dergleichen Bleche als Thermometer können gebraucht werden. Der Einfall ist ganz artig. Es scheinen aber solche Thermometer nicht von sonderlichem Gebrauch zu seyn.

S. 226.

Muschenbroeck versiel darauf, die Ausdehnung fester Körper, mittelst angebrachter Räderwerke sichtbarer zu machen. Die Stange, deren Ausdehnung gemessen werden soll, spannet er am einen Ende fest ein. Dadurch erhält er, daß das andere Ende durch die Ausdehnung sich in die Länge bewegt, und mittelst eines daran befestigten Stängleins, den Zahn eines Trillings oder auch nur das Ende einer Kurbel fortdrückt. An der Achse der Kurbel ist ein größeres Rad mit vielen Zähnen, welches in einen andern Trilling eingreift, an dessen Achse ebenfalls ein größeres Rad mit vielen Zähnen ist, welche in einen dritten Trilling eingreifen zc. An der Achse des letzten Trillings ist ein Zeiger, welcher sich, so wenig auch die Stange ausgedehnt wird, sehr stark und sichtbar herumdrehet, und auf einem Zifferblatt Theile anzeigt, welche der Ausdehnung proportional sind, so daß aus jenen diese berechnet werden kann. Damit die Bewegung des Zeigers vom ersten Augenblick an, da die Stange erwärmt wird, erfolge, muß der Zeiger so weit zurück gedrehet werden, bis an allen Trillingen und Rädern die Zähne, welche einander bewegen sollen, einander berühren. Ueberdies muß die Stange so gelegt und das ganze Instrument so eingerichtet seyn, daß die Stange allein erwärmt werde, damit nicht das Gestelle sich auch ausdehne, weil man sonst nur den Unterschied der Ausdehnung finden würde. Muschenbroeck machte hiebey eine Vorrichtung, daß er fünf Lampenflammen unter der Stange anzünden konnte. Aber statt des Oeles brante er Weingeist. Die Flamme wird zwar etwas ungleicher und sackelnder als die vom Oel, sie setzt aber wenig oder keinen Ruß an. Muschenbroeck änderte die Einrichtung auch so, daß er die Stange in siedendem Wasser halten, und dennoch ihre Ausdehnung, mittelst des sich umdrehenden Zeigers beobachten konnte. Dadurch wurde er in Stand gesetzt zu bestimmen, wie viel Stangen von verschiedenen Metallen sich ausdehnen, wenn sie vom

Frierpunct bis zum Siedepunct erwärmt werden, und diese Ausdehnung ließ sich sodann mit der Ausdehnung von größern Graden der Wärme vergleichen. Diese größere Grade waren auch eigentlich die Absicht des Instrumentes, und eben daher wurde es von Muschenbroeck, nicht Thermometer, sondern Pyrometer genennet.

§. 227.

Mit diesem Pyrometer hat Muschenbroeck sehr viele Versuche angestellt, die er in seinen Anmerkungen über die Versuche der Florentinischen Akademie beschreibt. Dahin gehören die bereits vorhin (§. 217.) angeführten von der Ausdehnung verschiedener Metalle, wenn sie vom Frierpunct bis zum Siedepunct erwärmt werden. Diesen werde ich hier noch folgende beifügen, die Muschenbroeck eben daselbst erzählt. Er giebt die Ausdehnung in Graden seines Pyrometers an. Diese Grade ändern demnach ihre Bedeutung, wenn die Stange von anderm Metall ist. Da ich die Grade so, wie Muschenbroeck sie angiebt, beybehalten werde, so macht dieses in folgender Tafel mehrere Columnen nothwendig, die nicht mit einander verwechselt werden müssen. In jeder kömmt der Grad der Ausdehnung vor, welchen das Metall vom Frierpunct zum Siedepunct erhalten hat. Die Zahl gilt demnach so viel als 180 Fahrenheit'sche Grade, oder 370 Grade des Luftthermometers, wenn erstere vom 32sten, letztere vom 1000ten Grade angezählt werden. Wenn nun auch die Grade der Ausdehnung der Metalle, des Quecksilbers und der Luft mit den Graden der Wärme nicht ganz, oder nicht durchaus zu gleichen Schritten gehen sollten, so hindert dieses nicht, statt der an sich willkürlichen Muschenbroeck'schen Grade andere zusetzen, die derselben proportional bleiben, ungeachtet sie von einem andern Anfange an gezählt werden. Ich habe deswegen noch zwei Columnen beigesügt, welche die Grade der Ausdehnung oder der Wärme in Graden des Fahrenheit'schen und des Luftthermometers angeben.

Grade des Pyrometers für					Fahren-	Luftther-
Eisen.	Stahl.	Zinn.	Kupfer.			
0	0	0	0	frierend Wasser	32	1000
53	56	102	59	siedend Wasser	212	1370
109	—	219	—	schmelzend Zinn	402	1765
169	—	—	—	schmelzend Goldmarcassit	606	2180
217	—	—	—	schmelzend Bley	769	2515
201	—	—	—	siedend Del v. Rübsamen	715	2402
276	—	—	—	Eisen so noch nicht glühet	969	2926
300	—	—	—	Bismuth schmelzt	1051	3106
—	364	—	—	Stahl fängt an zu glühen	1095	3185
—	—	—	392	glühend Kupfer.	1512	4000

§. 228.

Muschenbroek hat in Bestimmung solcher größern Grade der Hitze an Newton einen Vorgänger. Newtons Beobachtungen, so weit er sie mit seinem Leinölthermometer angestellt hat, habe ich bereits oben (§. 105.) in einer Tafel vorgestellt, welcher die Grade des Luftthermometers beigelegt sind. Unter demselben findet sich der von schmelzenden Zinn, welcher mit dem hier nach Muschenbroek angegebenen kann verglichen werden. Bey Newtons schmelzendem Zinn ist der 1785ste, beim stockenden der 1763ste Grad angegeben. Bey Muschenbroek ist es der 1765ste Grad: und dieser sagt, das Zinn sey nicht heißer gewesen als daß es gerade nur fließen konnte. Diese Grade treffen also sehr nahe zusammen. Sie könnten übrigens, sowohl wegen der Verschiedenheit des Zinnes als auch wegen der Schwierigkeit dieser Versuche mehr von einander abgehen. Der Grad der Hitze, woben ein Metall anfängt zu schmelzen, ist nicht leicht zu erkennen, zumal bey größern Massen, weil diese nicht mit einemale schmelzen. Bey den Halbmetallen ist es noch schwerer, weil diese sehr stark erhitzt seyn müssen, wenn sie recht fließen sollen, und immer noch unter einer zerbröckelten Gestalt erscheinen. Ich merke dieses hier an, weil Muschenbroek den Grad des schmelzenden Bleyes und noch mehr des schmelzenden Bismuths sehr groß ansetzt, wenn man ihn gegen den von schmelzendem Zinne hält. Bismuth schmelzt wenigstens so leicht als Bley, und stocket viel langsamer. Fahrenheit und Boerhave sezen siedend Leinöl auf den 600ten Fahrenheitischen Grad, so wie siedendes Quecksilber. Muschenbroek giebt den 715ten Grad an, wenn er von siedendem oder aufbrausendem (feruens) Rübsamenöl spricht, dadurch aber versteht sich, daß es bis zum Entzünden siedend sey.

§. 229.

Unter den erst angeführten Muschenbroek'schen Graden ist noch der letzte, den wir einigermaßen mit demjenigen vergleichen können, den Robin für weißglühendes Eisen gefunden, und welcher 4210 Grad des Luftthermometers beträgt. (§. 92.) Muschenbroek's glühendes Kupfer fällt nach vorstehender Tafel auf den 4000ten Grad des Luftthermometers. Das Kupfer wird auch in der That nicht viel leichter glühend als Eisen, ungeachtet zu Schmelzen des Eisens viel mehr Hitze erfordert wird als zum Schmelzen des Kupfers. Da nun Robins Grad eigentlich, mittelst der Ausdehnung der Luft, Muschenbroek's aber mittelst der Ausdehnung des Kupfers gefunden worden, so läßt sich hieraus so ziemlich schließen, daß die Ausdehnung der Luft mit der Ausdehnung des Kupfers bis zum Grade des glühenden Kupfers zu gleichen Schritten gehe.

§. 230.

Muschenbroek's Pyrometer ist von mehreren Liebhabern der Naturkunde nachgemacht, theils auch verändert worden. Es sind mir aber keine mit solchen nachgemachten oder veränderten Pyrometern angestellte Versuche bekannt, ausgenommen, die von Zerbert, die bereits in der Tafel (S. 217.) vorkommen. Ich habe aber auch schon (S. 218. 219.) angemerkt, daß mir Muschenbroek's Angaben richtiger zu seyn scheinen. Muschenbroek selbst zeigt noch durch mehrere Vergleichen, daß sein Pyrometer keinen wesentlichen Fehler könne gehabt haben, so daß wenn er auch einige Grade zu groß ansetzt, (S. 228.) die Schuld nicht auf das Pyrometer falle.

Achttes Hauptstück.

Ausdehnung der Dünste durch die Wärme.

§. 231.

Die Dünste sind überhaupt alle sogenannte flüchtige Theile, die sich von dem Körpern losmachen und in der Luft schweben, insbesondere aber sind es leichte und fürnehmlich wässerichte Theile, die aber oft auch mit irdischen und salzichten Theilen vermengt sind. In der Luft kommen sie unter zweyerley Gestalten vor, die übrigens nur stoffweise verschieden sind, so fern nemlich trockene Luft sich von feuchter Luft unterscheidet. Die Luft ist nicht deswegen trocken, weil sie wenig oder keine Wassertheilchen enthält, sondern weil diese sich nicht an die Körper anlegen. Indessen müssen doch die Körper ausgenommen werden, welche viel Salz enthalten, weil das Salz die Wassertheilchen annimmt, und so zu sagen, an sich zieht, wenn diese andere Körper zu fliehen scheinen. Besonders bedient man sich des Weinstein-salzes, wenn man beweisen will, daß auch die trockenste Luft mit Wassertheilchen beladen ist. Hingegen nennt man die Luft feucht, wenn die Wassertheilchen sich zusammensügen und in Gestalt von kleinen Tropfen an die Körper anlegen. Der Unterschied liegt darinn, daß bald die Schnellkraft, bald auch die Cohäsionskraft überwiegend wird. Und da dieses nicht von sich selbst geschieht, so müssen allerdings noch andere wirkende Ursachen hinzukommen. Unter diesen ist die Wärme, und nebst der Wärme kann auch die Luft selbst durch ihre anderweitige Veränderungen sehr viel mit beitragen.

§. 232.

Da ich in dem Versuche einer Hygrometrie diese Sache umständlich betrachtet habe, so wird es genug seyn, wenn ich daraus nur folgendes anführe: Die trockne Luft tröcknet feuchte Körper desto eher, je mehr sie selbst trocken ist. Das will nun eigentlich sagen, daß die trockne Luft die Feuchtigkeit von den Körpern wegnimmt und an sich zieht. Aus diesem Grunde muß man es herleiten, wenn man erklären will, was die Erfahrung und eigentlich deswegen angestellte Versuche gelehrt haben, daß nemlich die Menge des ausdünstenden Wassers sich nicht nach der Tiefe, sondern schlechthin nur nach der Oberfläche proportionirt, welche von der Luft berührt wird. Die Luft fährt immer fort, Wassertheilchen an sich zu reißen, bis sie damit, so zu sagen, gesättigt ist. Alsdann mag eine geringe Verminderung ihrer Dichtigkeit und Schnellkraft schon Ursache genug seyn, daß die Luft nicht mehr alle Wassertheilchen in sich halten kann, sondern einen Theil fahren läßt, welcher sodann in Gestalt von Nebel, Thau, Reif, Schnee, Regen, Hagel 2c. herunter fällt.

§. 233.

Diese die Feuchtigkeit anziehende Kraft der Luft äußert sich auch bey gefrorenem Wasser. Man hat Stücke Eis auf eine Waage gelegt, und in sehr kalter Luft gefunden, daß es täglich von seinem Gewichte verloren hat. Es geht aber alles bey mehrerer Wärme schneller von statten. Daß die Wärme auftröcknet, ist zu viel bekannt, als daß ich erst sagen sollte, warum man das, was man schnell auftröcknen will, an die Sonne legt, oder bey dem Ofen oder über dem Feuer hält. Die Frage war eigentlich vielmehr durch Versuche zu bestimmen, wie sich das Auftröcknen oder Ausdünsten nach den Graden der Wärme richtet. In dieser Absicht habe ich gefunden, daß nach dem Reaumur'schen Weingeistthermometer bey einer

Wärme von	die tägliche Ausdünstung
61 Gr.	67 Linien.
60 —	65 —
49 —	39 $\frac{1}{2}$ —
35 —	17,2 —
23 —	8,7 — Pariser Maaß beträgt.
Und hieraus fand sich für	
Gr.	Linien Ausdünstung mehr als Eis.
0	0
10	2
20	6
30	13
40	24
50	41
60	65

§. 234.

§. 234.

Diese Versuche, welche in bemeldter Hygrometrie umständlich beschrie-
ben sind, habe ich mit Gläsern auf dem warmen Ofen angestellt. In dem Was-
ser stand ein Thermometer, wodurch der Grad der Wärme desselben bestimmt
wurde. Da nun die Dunsttheilchen sich im ganzen Zimmer verbreiten konnten,
so ist dieses der Grund, warum die Ausdünstung so beträchtlich stark war. In
freier Luft ist sie bey gleicher Wärme viel geringer. Denn wenn ich im Sommer
beym 20sten Grad der Wärme, die Ausdünstung aus einem mit Wasser gefüllten
Glase beobachtete, das am Schatten neben dem Thermometer stand, so fand ich,
daß die Oberfläche sich in 24 Stunden nur um 1 oder höchstens $1\frac{1}{2}$ Linie, und
im Winter bey 10 Grad Wärme nur $\frac{1}{3}$, höchstens $\frac{1}{2}$ Linie senkte.

§. 235.

Bei größern Graden von Wärme als der 50ste Reaumur'sche ist, fängt
die Ausdünstung an gewaltsamer zu werden. Die Luft zieht sich aus den Zwischen-
räumen des Wassers heraus und steigt in Form von kleinen Blasen in die Höhe.
Diese Luftbläschen werden im Aufwärtssteigen sichtbar größer, theils weil sie we-
niger gedrückt werden, theils weil sie sich mit den Lufttheilchen, so sie unterwegs
antreffen, vereinigen. Endlich reißen sie sich von der Oberfläche los, und neh-
men ein Häutchen von Wasser mit sich in die Luft. Außer diesen giebt es noch
Wassertröpfchen, welche von der Oberfläche aufwärts springen, wegen ihrer
Schwere aber bald wiederum niederfallen.

§. 236.

So scheint die Sache fortzugehen, daß bey noch größern Graden der
Wärme das Wasser immer schneller und zuletzt augenblicklich in Dünste verwan-
delt wird. Man sieht daher mit einigem Befremden, daß wenn Wasser auf
geschmolzenes Silber oder glühend Eisen gegossen wird, nur Anfangs ein schneller
Dampf entsteht, alles Wasser aber, was mit diesem Dampfe nicht weggeht, auf
dem geschmolzenen Silber oder glühenden Eisen liegen bleibt oder vielmehr auf
demselben herum flattert, und nur sehr langsam auströcknet und glänzend helle
scheint.

§. 237.

Leidenfrost in seinem Werkchen *de aquae communis nonnullis quali-
tibus* erzählt einige Versuche, die er mit solchen glühenden Wassertropfen ange-
stellt hat, und glaubt, daß sie statt eines Pyrometers dienen können, wenn man
beobachtet, in wie viel Zeit sie auströcknen. Man kann dazu einen sehr glatten
und von allem Fette gereinigten eisernen Löffel gebrauchen. Leidenfrost fand,
daß wenn der Löffel nur die Hitze des siedenden Wassers hatte, ein kleiner Wasser-

tropfen in einer Secunde Zeit ganz wegdünstete. Auf geschmolzenem Bley wurden 6 bis 7 Secunden Zeit erfordert. Auf siedendem Bley wurden 14 Secunden, und auf glühendem Eisen 30, und wenn es höchst glühend war, 35 Secunden Zeit erfordert. Leidenfrost bediente sich eines gläsernen Röhrchens, um Wassertropfen zu erhalten, die, so viel möglich, gleiche Größe hatten. Darauf kommt es fürnehmlich an, wenn man die Zeiten mit einander vergleichen will. Denn größere Tropfen gebrauchen allerdings mehr Zeit zum Aufströcken.

§. 238.

Ziegler in seiner Abhandlung *de Digestore Papini* hat ähnliche Versuche. Da er aber nicht nur die Zeit, sondern mit seinem Fahrenheit'schen Thermometer auch die Grade der Wärme zu bestimmen vornahm, so trieb er den Grad der Wärme auch nur bis zum 520sten Grad. Die vornehmsten Grade sind folgende:

Grad des Fahrenheit'schen Thermometers.	Secunden: Zeit zum Auf- ströcken des Wassertro- pfens.
520	89
500	80
480	70
420	60
380	35
360	4
300	1
250	5
230	33
220	38
210	70
200	88
190	105

§. 239.

Diese Versuche gehen von Leidenfrost's seinen in so fern ab, daß Leidenfrost den Grad der schnellsten Ausdünstung bey der Hitze des siedenden Wassers, folglich bey dem 212ten Fahrenheit'schen Grad statt zu finden erachtete. Ziegler hingegen forschete genauer nach, und fand den 300ten Grad. Vermuthlich hat auch Ziegler größere Wassertropfen gebraucht. Denn da er schon bey dem 520sten Grad 89 Secunden Zeit fand, so fand hingegen Leidenfrost bey geschmolzenem Bleye nur 6 bis 7 Secunden, und selbst bey höchstglühendem Eisen nur 35 Secunden Zeit. Da auch die Wassertropfen nicht so gemessen worden,

daß sie genau einerley Größe hatten, so entsteht daher in den beobachteten Zeiten eine Ungleichförmigkeit. So z. E. fand Ziegler 60 Secunden sowohl bey 400ten als bey 420sten und 440sten Grad. Um diese Ungleichheiten leichter zu erkennen, habe ich in der 5ten Figur Zieglers Thermometer Grade auf die Abseissenlinie E B, seine Zeiten aber als Ordinaten gezeichnet. Die Endpuncten der Ordinaten scheinen in zwey ziemlich verschiedenen krummen Linien A C, D F zu liegen, so daß bey dem 358sten Grade des Thermometers in den Wassertropfen eine ganz neue Veränderung vorzugehen anfängt. Das Wasser wird von da an, und zwar sehr schnell desto feuerfester, je größer die Hitze des Metalles ist, worauf es gelegt wird. Es hört auch ganz auf sich an das Metall anzulegen, nimmt eine kugelförmige Gestalt an, und schwebt auf der Oberfläche des glühenden Metalles so, als wenn es dieselbe gar nicht berührte.

§. 240.

So wie die krumme Linie A G C sich zwischen den etwas irregulär liegenden Endpuncten der Ordinaten durchziehen ließ, scheint sie von einer Parabel nicht viel unterschieden zu seyn. Man könnte sie aber eben so gut auch als eine Hyperbel ansehen, oder als eine andere Linie, die gegen C hin, nach und nach, asymptotisch wird. Dieses scheinen auch die Leidenfrost'schen Angaben, die auf viel höhere Grade der Hitze gehen, zu erfordern, weil er für glühend Eisen 5mal mehr Secunden Zeit ansieht als für schmelzendes Blei, und vom 300ten Fahrenheit'schen Grad an gerechnet, der Ueberschuß der Hitze des Eisens wohl auch 5mal größer als der vom schmelzenden Blei ist.

§. 241.

Wenn die Dünste des Wassers eingeschlossen sind, so erhalten sie durch die Wärme eine Schnellkraft, wodurch sie auch die stärksten Gefäße zersprengen können, und das Wasser selbst wird fähig die härteste Beine zu erweichen. Der Papinische Siedetopf ist in dieser Absicht bekannt. Es hat sich aber außer Herrn Ziegler, meines Wissens, niemand Mühe gegeben, die Kraft solcher Dünste durch Versuche zu bestimmen. Solche Versuche erzählt derselbe in seiner Abhandlung *de digestore Papini* sehr umständlich. Er verwandelte, so zu sagen, den Siedetopf in ein Amontonsches Thermometer, und so konnte er die Kraft der Dünste durch die Höhe einer Quecksilbersäule bestimmen, welche nebst dem Druck der äußern Luft der Kraft der Dünste das Gleichgewicht hielt. Zugleich aber brachte er auch ein Fahrenheit'sches Quecksilberthermometer dabey an, um den Grad der Hitze bestimmen zu können. Ich werde hier von seinen Versuchen nur zweyen anführen, woraus erhellen wird, wie die Kraft der Dünste von der Kraft der Luft verschieden ist.

S. 242.

In dem einen Versuche blieb der Topf leer, so daß außer dem Gefäßchen, worinn das Quecksilber war, welches durch den Druck der Luft oder Dünste in die gläserne Röhre steigen mußte, nur Luft darinn war. Diese Luft hatte die Wärme vom 59sten Fahrenheit'schen Grade. Sie wurde hierauf bis zum 310ten Grade erhitzt, und dadurch ihre Schnellkraft dergestalt verstärkt, daß das Quecksilber in der Röhre 17 Zoll hoch stieg. Zu diesen 17 Zollen müssen nun noch wegen des Druckes der äußern Luft 27 Zoll addirt werden. Und damit ist der ganze Druck dem von einer 44 Zoll hohen Quecksilbersäule gleich; folglich $\frac{44}{27} = 1,63$ omal stärker als der Druck bey'm 59sten Grad der Wärme war. Nun ist

Fahrenheit	Luftthermometer.
59	1055 $\frac{1}{2}$
310	1572 $\frac{1}{2}$

folglich

$$\frac{1572\frac{1}{2}}{1055\frac{1}{2}} = 1,490.$$

Diese Verhältniß ist merklich geringer als 1,630, und scheint anzuzeigen, daß die in der Luft enthaltene Dünste durch die starke Erhitzung zur Vermehrung der Kraft der Luft etwas beytragen. Dieses erhellet auch daraus, daß bey'm Wiedererkälten die Schnellkraft schneller als die Wärme abnahm. Uebrigens zeigte auch das Thermometer nicht den Grad der innern Hitze an, weil es in einem mit Del gefüllten Gefäßchen stand, das zwar in den Topf herunter gieng, oben aber offen war, und mehr Zeit gebrauchte, jeden Grad der Hitze zu erlangen als die eingeschlossene Luft.

S. 243.

In dem andern Versuche war der Topf zur Hälfte mit Wasser angefüllt. Dadurch entstunden bey'm Erhitzen mehr Dünste. Auch giebt der Erfolg an, daß ihre Kraft sehr beträchtlich war. Die Wärme war Anfangs von etwa 50 Fahrenheit'schen Graden. Sie nahm aber bis auf den 289sten Grad zu, und das Quecksilber in der Röhre erreichte eine Höhe von 130 Zollen. Hierzu noch 27 Zoll addirt, so erhält man 157 Zoll für den ganzen Druck, welcher demnach $\frac{157}{27} = 5,815$ größer als der Druck der äußern Luft war. Nun treffen zusammen

Fahrenheit	Luftthermometer.
50	1037
289	1528,3

und man erhält

$$\frac{1528,3}{1037} = 1,474.$$

Demnach würde, wenn nur Luft in dem Gefäße gewesen wäre, ihre Kraft durch die Wärme 1,474mal verstärkt worden seyn. Die Kraft der Dünste und der Luft zusammengenommen 5,815, war also beynähe 4mal stärker, als die Kraft der Luft allein bey gleicher Erhitzung würde gewesen seyn.

S. 244.

Dieses Verhältniß ist nun aber nur von dem Grad der Wärme zu verstehen, den die Dünste hatten, demnach von dem 289sten Fahrenheitischen Grade. Bey geringern Graden der Wärme wird die Kraft der Dünste sehr merklich schwächer. Dieses erhellet aus folgender Tafel:

Fahrenheit	Luftthermo- meter.	Quecksilber säule.	Kraft der Dünste und der Luft.	Kraft der Luft allein.	Verhältniß
50	1037	27	1,000	1,000	1,00
141	1224	37	1,370	1,180	1,16
170	1283	47	1,741	1,238	1,41
193	1331	57	2,111	1,284	1,64
220	1386	77	2,852	1,337	2,06
254	1456	107	3,963	1,404	2,82
271	1491	137	5,074	1,438	3,53
289	1528	157	5,815	1,474	3,95

S. 245.

Diese Tafel ist ein Auszug aus einer viel weitläufigern, welche aus der Zieglerischen hätte berechnet werden können, weil Ziegler das Thermometer beobachtete, so oft das Quecksilber um 5 Zoll höher gestiegen war. Die unterste Zahlen sind eben die, welche vorhin (S. 243.) berechnet worden. Sie dienen also zur Erklärung der ganzen Tafel. Man sieht daraus, daß bey geringern Graden der Wärme die Luft das meiste beynägt, das Quecksilber in die Höhe zu treiben, und daß erst, wenn das Wasser 212 Grad Wärme, das will sagen, die Wärme des siedenden Wassers hat, die Kraft der Luft durch die Kraft der Dünste bis zum doppelten vermehrt wird. Von da an nimmt die Kraft der Dünste sehr stark, und zwar immer stärker zu. Sie läßt aber bey dem Erkälten nicht nur eben so schnell, sondern noch etwas schneller nach. Der Unterschied trägt übrigens nicht viel aus, weil die Erkältung sehr langsam erfolgte. Bey des Savery Maschine zu London, werden die Dünste durch eingeföstes kaltes Wasser abgekühlt, und da hört ihre Schnellkraft gleich auf. Man sieht übrigens, daß vorstehende Tafel dienen kann, die Kraft der Londoner Maschine zu berechnen. Man sieht aber auch, daß diese Kraft sich sehr merklich nach dem Grade der Wärme verändert. Und da der

Siedekessel nicht ganz geschlossen ist, und die Dünste immer wiederum abgekühlt werden, so wird auch der Grad der Hitze nicht wohl größer als der von siedendem Wasser angenommen werden können.

§. 246.

Die Kraft der Dünste oder der Feuchtigkeit in der Kälte ist nicht minder beträchtlich, wenn auch gleich die Kälte, an sich betrachtet, eine Verminderung der Kraft der Wärme ist. Es ist aber die Kraft der Wärme nicht die einzige, welche in den Körpern wirksam ist. Die Cohäsionskräfte sind es nicht weniger, und selbst die Feuchtigkeit, kann sehr heftige Wirkungen hervorbringen. Hölzerne Keile, die in Felsen getrieben und dann mit Wasser angefeuchtet werden, schwellen mit solcher Macht auf, daß der Fels zersprengt wird. Die wenige Feuchtigkeit, die des Winters noch in den Bäumen bleibt, machet, daß die Bäume in der strengsten Kälte aufborsten, weil die wässerichten Theile im Frieren sich ausdehnen.

§. 247.

Dieses Ausdehnen durch den Frost ist bey verschiedenen flüssigen Materien sehr ungleich. Arnold, welcher durch seine *zwo Dissert. de viribus vivis* bekannt ist, hat hierüber mehrere Versuche angestellt, indem er bestimmt hat, um wie viele 10000 Theile die gefrorenen Materien mehr Raum eingenommen, als sie vor dem Frieren einnahmen. Er fand für

Wasser	:	:	:	:	0,108
Weineßig	:	:	:	:	0,062
Urin	:	:	:	:	0,080
Milch	:	:	:	:	0,057
Bier	:	:	:	:	0,167
Molken	:	:	:	:	0,052
Lympha	:	:	:	:	0,074

Ferner für destillirte Wasser von

Rosen	:	:	:	:	0,092
Lindenblüthen	:	:	:	:	0,148
Augentrost	:	:	:	:	0,086
Begrich	:	:	:	:	0,081
Melissen	:	:	:	:	0,158
Weinreben	:	:	:	:	0,100

Endlich für gesättigte Auflösungen von

Alaun	:	:	:	:	0,014
Salpeter	:	:	:	:	0,096
Borax	:	:	:	:	0,083
weißem Vitriol	:	:	:	:	0,100
grünem Vitriol	:	:	:	:	0,111

Die Auflösungen lassen beim Erkälten und Gefrieren einen Theil des Salzes zu Boden sinken. Ich habe auch gefunden, daß Salzsole nicht in einem Stücke froh, sondern blätterichtes Eis war. Die Vergrößerung des Raumes bey frierendem Wasser rühret daher, daß die Eistheilchen eine dreyeckigte Lage annehmen, woraus Sechsecke und Kanten, auch länglichte Parallelogrammen gebildet werden. Dadurch entstehen größere Zwischenräumchen. Da nun die Theilchen des Eises sich nicht von selbst in solche Lage setzen, so wird allerdings eine Kraft dazu erfordert. Diese Kraft mag bey jedem Theilchen sehr geringe seyn. Ihre Summe aber, wenn sie auf ganze Flächen gerechnet wird, ist immer groß genug, um die vorerwähnten Wirkungen hervorzubringen. Auf die Art und Geschwindigkeit des Frierens kömmt hiebey auch viel an. Wenn die Oberfläche schon zugefroren ist, ehe die innere Theile genugsam erkaltet sind, so entstehen zwischen dem Eise, welches sich nach und nach ansetzt, viele größere und kleinere Blasen, die voll Luft und zum Theil wohl auch ganz leer sind. Bey solchen Blasen wird das Eis leichter, als es ohne dieselben seyn würde.

§. 248.

Was nun die ausdehnende Kraft des Eises betrifft, so hat man bereits eine Menge von Versuchen darüber angestellt. Sägens zersprengte einen Flintenlauf, Boile eberne Röhren und zimmerne Gefäße, Sales eine eiserne Bombe. Dadurch wurde aber nur überhaupt gefunden, daß die Kraft sehr groß sey. Die Florentiner Akademiker zersprengten metallene Kugeln, wovon wenigstens eine von Messing eine beträchtliche Dicke hatte. Nach der Figur, welche, so viel ich urtheilen kann, diese Kugel in Lebensgröße vorstellt, finde ich den äußern Durchmesser von $29\frac{1}{2}$ Linien, den innern von 13 Linien Rheintl. Maasses. Muschenbroeck in seinen Anmerkungen darüber, rechnet die zum Zerreißen erforderliche Kraft auf 27720 Pfund. Die Rechnung giebt er nicht umständlich an. Vermuthlich ist es die Kraft, womit die Kugel gerade hinaus hätte müssen zerissen werden, und folglich die Kraft, womit ein messingener Staab von 2 Zoll Dicke und Breite oder von 4 Quadrat Zoll Durchschnittsfläche zerissen wird. Sie würde also dem Druck von etwa 460 Atmosphären gleich seyn. Sales oder vielmehr Buffon, weil dieser des erstern Rechnung berichtigt hat, findet bey Zersprengung von dessen Bombe einen Druck von 1550 Atmosphären, wovon jedoch, weil gegossenes Eisen leichter zerreißet als geschlagenes oder zu Draht gezogenes, etwas abgehen wird.

Der
Pyrometrie
oder
vom Maasse des Feuers und der Wärme
Dritter Theil.
Von der Erwärmung und Erkältung der Körper.

Erstes Hauptstück.
Mittheilung der Wärme.

§. 249.

Die im vorhergehenden, so wie auch noch im gegenwärtigen Jahrhundert immer geführten Klägden, daß die Thermometer uns von den wahren Graden der Wärme gar nicht unterrichten, daß ihre Eintheilungen willkürlich sind, daß man nicht wisse, wo eigentlich der Anfang zum Zählen müsse gemacht werden, und daß, wenn man dieses auch wüßte, es nicht ausgemacht sey, ob gleich große Grade der Ausdehnung ebenfalls gleich große Grade der Wärme anzeigen. Alles dieses konnte von fernern Untersuchungen eher abhalten als dazu aufmuntern. Indessen schien mir die letzte von diesen Ungewißheiten einiger nähern Aufklärungen fähig. Es kam auf ein Mittel an, dem Thermometer in gleichen Zeiten gleich viel Wärme mitzutheilen, und dann zu sehen, ob es sich immer auch um gleich viel ausdehnen würde.

§. 250.

Ein solches Mittel schien mir die Sonne zu seyn, wenn sie bey ganz hellem Himmel und windstillem Wetter in der Mittagsstunde scheint. Ich wählte diese Stunde, weil alsdann die Höhe der Sonne sich sehr wenig ändert. Ich wählte

wählte dazu den 1sten Brachmonat 1751, und legte ein Weingeistthermometer, so wie es war an die Mittagessonne, um das Steigen des Weingeistes jede Minute aufzuschreiben. Ich fand aber schon nach der zweyten Minute, daß die Ausdehnung anfangs geringer zu werden, und dieses zeigte sich während den 14 Minuten, so lange ich nemlich die Beobachtung fortsetzte, immer mehr. Der Weingeist stieg in der ersten Minute $1\frac{1}{2}$ Grad, hingegen in der 13ten nur $\frac{2}{3}$ Grad. Es war nun zu offenbar, daß diese Ungleichheit nicht von der Sonne herrühren konnte, weil der Himmel gleich helle, die Luft gleich stille war, und die Höhe der Sonne sich nur unmerklich geändert hatte. Ich versiel also ohne Mühe auf den Schluß, daß das Thermometer von der Sonne mehr Wärme erhalten habe als die Luft, weil ein im Schatten hängendes Thermometer während den 14 Minuten nur unmerklich gestiegen war. Da ich nun wußte, daß ein Körper in der Luft erkaltet, so bald er wärmer als die Luft ist, so war es mir sehr begreiflich, warum die Ausdehnung des Weingeistes nicht in jeder Minute um gleich viel zugenommen, sondern immer mehr zurück geblieben. Das Thermometer verlor wieder von der Wärme, die es an der Sonne erhielt. Ich machte auch sogleich den Schluß, daß es in jeder Minute destomehr verlor, je mehr es schon hatte. Dieser Schluß bot mir zugleich ein Mittel an, über die vorlornne Wärme Rechnung zu tragen, sie zu der noch übrigen zu addiren, und dann zu sehen, ob die Summe der Zeit proportional seyn würde. Ich wiederholte also den Versuch, und setzte ihn längere Zeit fort, stellte auch andere an, wobei ein erwärmtes Thermometer am Schatten schlechthin nur erkaltete. Ich fand aber, daß die Erfahrung mit dem, was diese Schlüsse und nach denselben angestellten Rechnungen angaben, nicht ganz eintreffen wollte. Da ich aber die Schlüsse als richtig genug ansah, so untersuchte ich die Umstände des Versuches genauer, und urtheilte, daß ich das Thermometer vom Brettchen wegnehmen, oben die Röhre öffnen, und es so legen müsse, daß die Kugel nichts berühre. Der Versuch wurde auf diese Art wiederholet und traf mit der Rechnung besser ein. Einige dieser Versuche habe ich in den *Actis Helyet. Tom. II.* bekannt gemacht.

§. 251.

Unter den hier erzählten Sätzen ist nun fürnemlich derjenige näher zu betrachten, welcher will, daß die Wärme, welche ein erkältender Körper in jeder Minute verliert, der Wärme, die er hat, proportional seyn. Dieser Satz ist das erste Grundgesetz von der Mittheilung der Wärme. Es schien so natürlich und ungezwungen, daß ich damals gar nicht daran dachte, ob es bewiesen werden müsse. Als ich mir nachgehends *NEWTONI Opuscula* anschaffete, so fand ich, daß Newton bey Anlaß seiner oben (§. 105.) zum Theil angeführten Stufenleiter eben dieses Gesetz gebraucht hat, um auch solche Grade

der Wärme zu bestimmen, wozu sein Leinölthermometer nicht hinreichte. Newton nimmt das Gesetz, ohne fernern Beweis, als an sich einleuchtend an, und gebraucht es, um daraus und aus seinen Versuchen herzuleiten, daß die Ausdehnung des Leinöles mit den Graden der Wärme zu gleichen Schritten gehe.

S. 252.

Diese Lehren erschienen 1701 in den Philosoph. Transactions, und fanden 1703 an Amontons einen etwas heftigen Gegner (S. 107 — 109.) Amontons sagt erst, daß der Engländer sich nicht bestimmt genug ausdrücke, wenn er sagt: Die Hitze, welche ein heißes Eisen in einer gewissen Zeit den kältern Körpern, die es berühren, mittheile, sey wie die ganze Hitze des Eisens. Hier will Amontons, daß statt des Ausdruckes ganze Hitze gesetzt werden müsse, übrigbleibende Hitze. Newton hatte wohl auch nichts anders gemeinet. Amontons wiederholet diesen Tadel zweymal nach einander. Ich vermuthe aber, er habe das zweytemal etwas anders sagen wollen, und zwar, daß, da er das erstemal von der übrigbleibenden Hitze spricht, er das zweytemal von der beziehungsweise zunehmenden Hitze hat sprechen wollen. Denn kältere Körper werden von wärnern nur in so fern erwärmt als diese mehr Wärme haben. Dieses hatte nun Newton nicht so verstanden. Es erhellet aus allem, was er von Wärme und Kälte sagt, daß er den Grad des Frierpuncts als den 0 Grad der Wärme angesehen. (S. 108.) Er brachte diesem zufolge sein glühend Eisen in kalte Luft, und damit je diese Luft nicht erwärmt werde, sagt er ausdrücklich, daß er es an einen Ort gelegt habe, wo der Wind gleichförmig durchblies, und demnach immer wiederum gleich kalte Luft an das Eisen brachte. Von den auf das Eisen gelegten Körpern glaubt Newton, daß sie die Hitze des Eisens angenommen hatten, und mit demselben nach und nach erkälteten. Dieses ist nun nur richtig, wenn diese Körper sehr klein waren. Denn große Körper werden nicht so in einem Augenblicke warm.

S. 253.

Amontons findet endlich, daß aus Newtons Satz folge, ein erkältender Körper verliere seine Wärme in geometrischer Progression, so daß, wenn er in einer gewissen Zeit die Hälfte verloren, er in dem nächstfolgenden gleich großen Zeitraume noch $\frac{1}{2}$, dannoch $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$ etc. übrig behalten werde. Dieses sagte auch Newton ausdrücklich genug. Aber Amontons fand viele Zweifel. Und diese mögen ihn verhindert haben, die Sache auf einen Versuch ankommen zu lassen. Er starb übrigens wenig Zeit nachher. Martine verstand Newtons Satz, ohne so viele Schwierigkeiten zu machen. Indessen glaubte er doch, daß es gut seyn werde, den Satz durch Versuche zu prüfen. Und da er theils die von Muschens

broeck, theils seine eigene Versuche mit dem Sahe verglich, so glaubte er gefunden zu haben, daß von Newtons geometrischer Progression eine arithmetische müsse abgezogen werden. Barnaart in einer 1772 zu Utrecht gehaltenen Disputat. inaugural. fand bey ähnlichen Versuchen diese Verbesserung gut, hingegen schien sie ihm weniger gut, und Newtons Sahe richtiger als er die Versuche einfacher machte. Richmann in *Comm. Nov. Acad. Petrop. T. I.* giebt seinen Versuchen zufolge dem Newton mehr Beyfall. Martine beruhiget sich übrigens nicht damit, daß Newton seinen Sahe nur scheint geglaubt zu haben. Er forschet daher nach, und findet in Newtons *Principiis*, daß eine geometrisch-abnehmende Progression statt findet, wenn ein bewegter Körper einen seiner Geschwindigkeit proportionalen Widerstand leydet. Es ist aber gewiß genug, daß Newton sich gar nicht in Sinn kommen lassen, von diesem bloß hypothetisch berechneten Widerstand eine Anwendung auf die Wärme zu machen.

§. 254.

Wenn nun Newtons Sahe nach seiner Gedenkungsart soll erklärt, und so weit es angeht, bewiesen werden, müssen wir ganz anders schließen. Newton nennt nur das warm, was wir nach unserer Empfindung warm nennen. (§. 105.) Und so verstanden, eignen wir jedem Körper den Grad der Wärme zu, die wir bey dessen Berührung empfinden. Und wir nennen einen Körper wärmer, je mehr wir Wärme an demselben empfinden, das will also sagen, je mehr er uns, beym Berühren, Wärme mittheilt, oder wenigstens macht, daß wir weniger Wärme verlieren. So hatte ich es mir 1751, ohne von Newtons Sahe etwas zu wissen, ebenfalls vorgestellt. Ich fand aber doch rathsam, es auf den Ausspruch der Erfahrung ankommen zu lassen, und stellte deswegen die vorhin (§. 251.) erwähnte Versuche an. Diese zeigten mir damals, daß der Sahe bey Weingeistthermometern, die oben offen, und deren Kugeln ganz frey waren, sehr richtig eintraf.

§. 255.

Ein Körper erkältet in der Luft, so fern die Luft, die ihn umgiebt, wirklich kälter ist. Ich verstehe aber zugleich auch, daß er schlechtthin nur von der Luft umgeben sey, und nicht etwa von andern Körpern berührt werde. Eben dieses verstehe ich, wenn ich sage, daß ein Körper in Wasser oder andern flüssigen Materien erkältet oder erwärmt werde. Wird hingegen ein Körper von einem andern berührt, so daß er von demselben nicht ganz umschlossen wird, so versteht es sich, daß wenn beyde Körper ungleiche Wärme haben, die Wärme sich aus dem wärmern in den kältern hinüber zieht, zugleich aber nimmt auch die Luft oder der Raum, in welchem die Körper sich befinden, Antheil daran, so daß die beyden Körper nicht allein in Betrachtung kommen. Eben dieses findet auch in Ansehung

mehrerer Körper statt, und man begreift, daß die Rechnung dabei zusammengesetzter wird, als wo nur ein einzelner Körper zu betrachten vorkommt.

§. 256.

Es kann nun aber ein solcher einzelner Körper, zumal, wenn er groß und von irregulärer Figur ist, und nicht in allen Theilen gleich viel Wärme hat, ungefähr eben so angesehen werden, als wäre er aus mehreren Körpern zusammengesetzt. Der Unterschied ist nur, daß seine Theile dichter aneinander schließen, als wenn solche mehrere Körper einander nur berührten. Wir haben demnach die kugelförmige Figur als diejenige anzusehen, welche bey der Erwärmung und Erkältung die größte Gleichförmigkeit darbeut. Der Unterschied der Größe hat aber dennoch etwas dabei zu sagen, weil die Wärme sehr langsam aus und einfließt. Daher wird die Oberfläche einer warmen Kugel früher kalt, als die Theile, die näher beim Mittelpunct sind. Und wenn die Kugel Anfangs in allen Theilen gleich warm ist, so muß ihre Wärme vorerst von der Mitte nach außen zu abnehmen, ehe sie nach unserm ersten Grundgesetze ihre Wärme verliert. Es zeigen mir auch die Versuche, daß gewöhnlich in der ersten Minute der Erwärmung und Erkältung eine Ungleichheit vorkommt, und das Gesetz erst anfängt, in den folgenden Minuten genau statt zu finden. Gegen das Ende der Erwärmung und Erkältung kommt zuweilen eine solche Ungleichheit ebenfalls vor. Solche am Anfang und am Ende sich einfindende Ungleichheiten, werden bey kleineren Kugeln geringer, weil da zur gehörigen Vertheilung der Wärme weniger Zeit erfordert wird. Ich habe auch gefunden, daß, da sich im Thermometer das Quecksilber nicht so dicht an das Glas anlegt als der Weingeist, der Uebergang der Wärme aus dem Glase ins Quecksilber oder aus diesem in jenes zwischen der Wärme des Glases und des Quecksilbers einen Unterschied macht, welcher viel geringer ist, wenn statt des Quecksilbers Weingeist genommen wird.

§. 257.

Dieses war nun anzumerken, um wenigstens im Voraus begreiflich zu machen, daß unser erstes Grundgesetz nicht so ganz unbedingt angewandt werden kann. Es wird sich aber alles besser aufklären, wenn wir dieses Gesetz in seinen Folgen betrachten. Zu diesem Ende nehme ich den einfachsten Fall vor, wo eine kleine Kugel in einer flüssigen Materie, dergleichen die Luft ist, erkaltet. Die Wärme, welche aus der Kugel in die Luft geht, verfliegt darinn, so daß sie nichts mehr auf die Kugel zurück wirkt, und so kann die Luft zunächst um der Kugel so angesehen werden, als hätte sie gerade nur die Wärme, die sie ohnehin schon haben würde. Diese aber werde ich als beständig ansehen, so lange die Erkältung dauert. Denn wenn sie nicht beständig bleibt, so muß darüber besonders Rech-

nung getragen werden. Dieses ist nun aber hier, wo vom einfachsten Fall die Rede ist, meine Absicht nicht.

§. 258.

Bei dem Erkälten der Kugel kommt nun eigentlich nur die Wärme in Betrachtung, welche die Kugel mehr hat, als die sie umgebende Luft. Es ist der Ueberschuß der Wärme. Und dieser geht nach und nach aus dem Körper weg. Ich werde denselben, so wie er zu einer beliebigen Zeit τ ist, durch y ausdrücken. In dem Zeithelichen $d\tau$, geht ein Theil $d y$ aus der Kugel weg, und wenn $d\tau$ als beständig angesehen wird, so ist dem Grundgesetze zufolge $d y$ in beständiger Verhältniß von y . Diesemnach setze ich

$$-\frac{d y}{y} = \frac{d \tau}{7}$$

weil, wenn man $d\tau$ nicht beständig setzt, $d y$ sich nach $d\tau$ proportionirt. In dieser Formel ist 7 mit $d\tau$ gleichartig, und stellt demnach eine Zeit von bestimmter Größe vor. Man sieht auch ohne Mühe, daß nach dieser Formel y durch die Ordinaten einer logarithmischen Linie vorgestellt werden kann, deren Subtangente $= 7$ ist, und wo die Abscissen $= \tau$ sind. Ist nun für $\tau = 0$, $y = Y$, so haben wir

$$\log \frac{Y}{y} = \frac{\tau}{7}$$

und

$$y = Y \cdot e^{-\tau:7}$$

§. 259.

Wenn nun ein Körper nach diesem Gesetze erkältest oder auch erwärmt wird, so werde ich, Kürze halber, den Ausdruck gebrauchen, daß er logarithmisch erkältest oder erwärmt werde, und die Subtangente 7 werde ich die Erkältungs- oder Erwärmungs-Subtangente des Körpers nennen. Diese Subtangente stellt die Zeit vor, in welcher die Kugel alle Wärme verlieren würde, wenn sie nach arithmetischer Progreßion, und zwar in jedem Zeithelichen eben so viel, wie in dem ersten $d\tau$ verlöre. Eben diese Subtangente ist auch in umgekehrter Verhältniß dessen, was man die Geschwindigkeit der Erkältung oder Erwärmung nennen kann und wirklich nennt, wenn man z. E. sagt, daß eine kleinere Kugel geschwinder erwärmt oder erkältest werde als eine größere.

§. 260.

Newton hat nun bey Anlaß des Cometen von 1680 ebenfalls schon auf diese Geschwindigkeit der Erkältung Rücksicht genommen. Er setzt die Menge Wärme y , so im Körper ist, richte sich nach dem körperlichen Raume, dahingegen die Menge $d y$, welche in jedem Zeittheilchen ausfließt, sich nach der Oberfläche richtet. Folglich sey bey einer Kugel, y wie der Würfel, $d y$ aber wie das Quadrat des Diameters, also gebrauche eine größere Kugel zum Erkälten desto mehr Zeit, je größer ihr Diameter ist, weil sie gerade, wie der Cubus, und umgekehrt, wie das Quadrat des Diameters sey. Indessen vermuthete Newton, es möchte hievon etwas abgehen, und wünschte, daß jemand deswegen Versuche anstellen möchte. Martine hat nun solche Versuche angestellt, und daraus gefunden, daß Newtons Gedanken ziemlich richtig sind. Es sind aber die Martinesche Versuche hiezu nicht einfach genug. Er goß Wasser in Porcellangefäße, und in das Wasser stellte er Quecksilberthermometer. Hier ist also Porcellan, Wasser, Glas und Quecksilber, also 4 Körper, anstatt eines einzigen. Newtons Satz läßt sich an sich als richtig erkennen, nur muß man dabey annehmen, daß die Wärme im Körper gleich vertheilt sey. Dieses hat aber nur bey sehr kleinen Kugeln statt. Bey Kugeln von der Größe der Himmelskörper, worauf Newton sein Augenmerk richtete, möchte eine merkliche Ausnahme statt finden. Wir sehen auf der Erde, daß die größte Sommerhize sehr wenig in die Tiefe eindringet, so daß die Keller schon das ganze Jahr durch eine merklich gleiche Temperatur behalten. (§. 152 — 156.) Bey kleinen Kugeln, wie die von Thermometern, läßt sich der Satz eher anwenden, und so will er eigentlich sagen, daß die Erkältungs-Subtangente γ in Verhältniß des Diameters der Kugel größer oder kleiner sey, wenn übrigens die Kugel von einerley Materie ist, und in einerley flüssigen Materien erkaltet oder erwärmt wird. Bey Körpern von andern, jedoch nicht allzu irregulären Figuren, kann man überhaupt betrachtet, und wenn man eben nicht die äußerste Schärfe sucht, annehmen, daß die Erkältungs-Subtangente γ in gerader Verhältniß des körperlichen Raumes und in umgekehrter Verhältniß der Oberfläche sey, und zwar unter der eben angeführten Bedingung gleicher Materien.

§. 261.

Als ich im Jenner 1773 einige Thermometergläser mit Weingeist füllte, so nahm ich mit einem derselben, ehe ich die Röhre oben zuschmolz, den Versuch nochmals vor, wodurch ich ehemals den Satz von der logarithmischen Erkältung geprüft hatte. Zugleich wollte ich auch bestimmen, wie sich die Erkältungs-Subtangente zu dem Diameter der Kugel verhalte. Ich heftete die Röhre an ein hölzernes Stäblein, worauf bereits eine Stufenleiter von einem ehemaligen Ther-

rometer geleimt war, so daß die Kugel das Stäblein nicht berührte, sondern zween Zolle davon abstund. Ich fand nachgehends, daß die Stufenleiter nicht ganz genau zu dem neuen Thermometer passete, sondern 29 Grade derselben, 31 Reaumur'sche Weingeistthermometer: Grade betrug. Dieses hat hier, wo es nur auf die Verhältnisse ankommt, nichts zu sagen, weil die Reaumur'schen Grade ebenfalls willkürlich sind. Ich werde demnach die beobachtete Grade nicht erst in Reaumur'sche verwandeln, sondern sie so hersehen, wie ich sie beobachtet habe. Ich legte erst das Thermometer auf den Ofen und zwar den 30sten Januar 1777, Nachmittags um 1 Uhr, zu einer Zeit, da die Stube das Maximum ihrer Wärme erreichte. Nachdem es bis zum 39,4 Grad gestiegen, legte ich es vor die Pendeluhr, wo ein Tischgen gestellt war auf ein Buch, so daß die Kugel hervor stund, und weder das Buch, noch den Tisch berührte. Das Zimmer war währendes Versuches geschlossen, damit nicht etwa durch Oeffnung der Thür die Luft erkältete. Das Thermometer, vor welchem ich ganz stille sitzen blieb, beobachtete ich nach Verlauf einer jeden Minute, und fand, daß es folgendermaßen fiel.

Zeit, Minuten.	Thermome- ter.	Zeit, Minuten.	Thermome- ter.
0	39,4	15	19,8
1	37,0	16	19,4
2	34,8	17	18,9
3	32,8	18	18,6
4	30,9	19	18,2
5	29,3	20	17,8
6	27,8	21	17,6
7	26,5	22	17,3
8	25,3	23	17,1
9	24,4	24	16,8
10	23,5	25	16,6
11	22,6	26	16,4
12	21,8	27	16,3
13	21,1	28	16,2
14	20,4		

Weiter setzte ich den Versuch nicht fort, weil das Thermometer ankeng so langsam zu fallen, daß die Aenderung der Wärme im Zimmer, die eben nicht stundenlang gleich bleibt, in das fernere Fallen des Weingeistes einen zu merklichen Einfluß haben konnte. Ich werde demnach setzen, daß es bey gleich bleibender Wärme in allem um 1 Grade würde gefallen seyn. Nun fiel es in den 28 Mi-

nuten $39,4 - 16,2 = 23,2$ Grade, und in der ersten Hälfte dieser Zeit $39,4 - 20,4 = 19,0$ Grade. Demnach war der Ueberschuß der Wärme für

$$\begin{aligned} \tau = 0' \quad y &= Y \\ 14 \quad y &= Y - 19,0. \\ 28 \quad y &= Y - 23,2. \end{aligned}$$

Da nun die Zeiten um gleich viel verschieden sind, so sind diese Ordinaten in geometrischer Progression folglich:

$$Y \cdot (Y - 23,2) = (Y - 19,0)^2$$

woraus

$$Y = 24,4$$

gefunden wird. Das Thermometer würde demnach bey gleich bleibender Wärme der Luft auf $39,4 - 24,4 = 15,0$ Gr. gefallen seyn. Die fernere Anwendung der Formeln (§. 259.) giebt sodann die Erkältungs-Subtangente

$$7 = 9,233 \text{ Minuten.}$$

Und überhaupt, wenn man die Briggsischen Logarithmen gebraucht, die Grade des Thermometers

$$\gamma = 15,0 + n l [1,390940 - 0,047036 \tau]$$

wo ich, Kürze halber, durch $n l$ die Zahl des Logarithmus andeute, welcher überhaupt durch $1,390940 - 0,047036 \tau$ vorgestellt wird. Nach dieser Formel habe ich für jede Minute den Grad γ berechnet. Folgende Tafel stellt so wohl die beobachteten als die berechneten Grade vor.

τ	γ beobacht.	γ berechnet.	τ	γ beobacht.	γ berechnet.
0	39,4	39,6	15	19,8	19,9
1	37,0	37,1	16	19,4	19,4
2	34,8	34,8	17	18,9	18,9
3	32,8	32,8	18	18,6	18,5
4	30,9	30,9	19	18,2	18,1
5	29,3	29,3	20	17,8	17,8
6	27,8	27,8	21	17,6	17,5
7	26,5	26,5	22	17,3	17,3
8	25,3	25,3	23	17,1	17,0
9	24,4	24,3	24	16,8	16,8
10	23,5	23,3	25	16,6	16,6
11	22,6	22,5	26	16,4	16,5
12	21,8	21,7	27	16,3	16,3
13	21,1	21,0	28	16,2	16,2
14	20,4	20,4	∞	—	15,0

Man sieht hieraus, daß die Rechnung nur bey der ersten Ordinate 2 Decimaltheile mehr, bey den übrigen aber nur zuweilen 1 Decimaltheil mehr oder weniger giebt, bey den meisten aber mit der Erfahrung ganz eintrifft. Der Diameter der Kugel beträgt 9,3 Linien Pariser Maaß. Da nun die Subtangente $\gamma = 9,233$ Minuten ist, so sahe ich, daß, so fern die Subtangente in Verhältniß des Diameter der Kugel ist, (§. 260.) für jede Linie Diameter der Kugeln der Weingeistthermometer 1 Minute Zeit für die Subtangente gerechnet werden kann, wenn nemlich das Thermometer in der Luft erkaltet. Eine mehr oder weniger dicke und feuchte Luft mag übrigens hiebey einigen Unterschied machen.

§. 262.

Dieses Thermometer hatte ich aus andern Ursachen einige Tage offen gelassen. Ehe ich es zuschmolz, nahm ich noch einen Versuch vor, um zu sehen, wie es erkälten würde, wenn ich es über einem Kohlfener so weit erwärmte, bis zu besorgen war, daß der Weingeist sieden würde. Ich ließ sogleich das Kohlfener wegtragen, und legte das Thermometer an eben den Ort, wie das erstemal, um dessen Grade nach jeder Minute aufzuzeichnen. Ich werde die beobachteten Grade sogleich, nebst den nach der Formel

$$\gamma = 13,0 + n[1,61805 + 0,04972 \cdot \tau]$$

berechneten, in folgender Tafel hersehen:

τ	γ beobacht.	γ berechnet.	τ	γ beobacht.	γ berechnet.
0	54,7	54,5	13	22,5	22,4
1	50,0	50,0	14	21,5	21,4
2	45,8	46,0	15	20,6	20,5
3	42,3	42,4	16	19,8	19,6
4	39,9	39,2	17	19,1	18,9
5	36,2	36,4	18	18,4	18,3
6	33,8	33,9	19	17,7	17,7
7	31,5	31,6	20	17,2	17,2
8	29,7	29,6	21	16,7	16,7
9	27,8	27,8	22	16,2	16,3
10	26,2	26,2	23	15,8	16,0
11	24,8	24,8	24	15,4	15,7
12	23,7	23,5	∞	—	13,0

Der Unterschied der Rechnung von der Beobachtung beträgt höchstens 0,3 Grade. Ich hatte größere Unterschiede erwartet, weil der Weingeist diesmal so weit erwärmt war, daß er dem gewaltsamen Zustande des Siedens sehr nahe kam. Die Erkältungs-Subtangente ist auch in der That etwas kleiner als bey dem ersten Versuch, nemlich $7 = 8,73$ Minuten. Und dieses zeigt an, daß der Weingeist bey den größern Graden der Wärme etwas mehr als nach Verhältniß der Wärme ausgedehnt worden. Diesen Versuch habe ich den 3ten Febr. 1777 Vormittags zwischen halb 11 Uhr und 11 Uhr angestellt.

§. 263.

Bei geschlossenen Weingeistthermometern habe ich immer auch die Erkältungs-Subtangente kleiner, jedoch auch die Erkältung nicht völlig logarithmisch gefunden. Bei Quecksilberthermometern fand ich für gleich große Diameter die Erkältungs-Subtangente in der Luft, um $\frac{2}{3}$ kürzer, so daß für eine Kugel von 10 Pariser Linien $7 = 6$ Minuten war. Ließ ich aber die Thermometer in Wasser erkälten, so fand ich die Subtangenten 8 bis 10mal kürzer als wenn sie in der Luft erkältesten.

§. 264.

Nunmehr werde ich die oben (§. 105.) gegebene Newtonsche Stufenleiter verschiedener Grade der Wärme vollständig machen können. Newton ließ ein Stück Eisen im Feuer glühend werden, und an einem Orte, wo der Wind gleichförmig vorbeihwehete, wieder erkälten. Er legte verschiedene Stückchen Metalle und andere Materien darauf, und beobachtete die Zeit, wenn sie anstiegen, ihre Flüssigkeit zu verlieren, oder auch, wenn sie gerade nur fließig wurden. Einige dieser Grade hatte er bereits, mittelst des Leinöhlthermometers bestimmt. Und so hatte er für diese die Ordinaten y in Graden des Thermometers ausgedrückt. Die höhern Grade berechnete er sodann, vermittelst der Zeit, unter der Voraussetzung, daß die Erkältung logarithmisch wäre. Seine Beobachtungen, denen ich sogleich auch die übereinstimmende Grade des Fahrenheit'schen und des Luftthermometers beysüge, sind nun folgende:

Leinölkthermometer.	Fahrenheit.	Luftthermometer.	
81	460	1880	schmelzend Bismuth, wie auch schmelzend Loth von 4 Theilen Bley und 1 Theil Zinn, wie auch stockend Loth von 5 Theilen Bley und 1 Theil Zinn.
95	535	2032	stockend Bley.
96	540	2043	schmelzend Bley.
114	635	2240	glühend Eisen hört auf im Finstern roth zu scheinen.
			schmelzende Mischung von gleich viel Zinn und Regulus <i>S.</i>
136	752	2480	glühend Eisen hört auf in der Dämmerung zu leuchten.
			stockende Mischung von 1 Theil Bismuth und zween Theilen reg. <i>S.</i> , wie auch stockende Mischung von 1 Theil Zinn und 5 Theilen reg. <i>S.</i>
146	805	2589	stockender Regulus martis
161	884	2752	glühend Eisen hört auf am hellen Tage zu leuchten.
195	1064	3122	glühend Eisen, wie auch Hitze von Steinkohlenfeuer.
{ 200	1019	3177	Hitze des Holzfeuers.
{ 210	1140	3250	

§. 265.

Diese Tafel ist die Fortsetzung der oben (§. 105.) vorkommenden. Sie kann in einigen Stücken mit der Muschenbroeck'schen (§. 227.) verglichen werden, und kömmt mit derselben darinn überein, daß Eisen, welches anfängt, oder aufhört, glühend zu scheinen, eine Hitze von 3000 bis 3200 Graden des Luftthermometers haben muß. Daß Muschenbroeck den Grad für schmelzendes Bley, wie auch für schmelzenden Bismuth zu hoch angelegt oder eigentlich den geringsten Grad nicht getroffen hat, habe ich bereits oben angemerkt. Ziegler, welcher auf seinem Siedetopfe ähnliche Versuche gemacht, und dabey die Grade des Fahrenheit'schen Quecksilberthermometers beobachtet hat, giebt folgende Beobachtungen an, denen ich ebenfalls die Grade des Luftthermometers beifüge.

Sahrenheit.	Insihermo: meter.	
625	2219	stockend Bley.
496	1954	stockend Wismuth.
600	2168	fließend Wismuth.
438	1835	stockend Zinn.
320	1592	siedend Therbentindhl.
356	1666	schmelzend Loth von 3 Theilen Zinn, 2 Theilen Bley.
214	1374	schmelzend Loth von 5 Theilen Wismuth, 2 Theilen h, 3 Theilen 4.
239	1425	5 B + 2 h + 4 4.
263	1475	5 2 5
283	1516	5 2 6
297	1545	5 2 7
306	1563	5 2 8
328	1608	5 2 13
340	1633	5 2 23

Beym stockenden Zinn treffen Newton, Muschenbroek und Sieglar sehr nahe zusammen. Beym Bley hält Sieglar das Mittel, beim stockenden Wismuth kömmt er Newton näher. Es ist übrigens auch nicht alles Bley oder Wismuth gleich leichtfließig. Und endlich muß ich noch anmerken, daß Newton, mittelst des Geringers das Größere berechnete, so daß ein kleiner Unterschied in der angenommenen Erkältungs: Subtangente die größere Grade der Hitze sehr ändern kann.

§. 266.

Martine hat über das Erwärmen und Erkälten verschiedener Körper mehrere Versuche angestellt. Er füllte Gläser von gleicher Größe und Figur mit Wasser, Quecksilber, Baumöl und Weingeist, und stellte das Glas mit Wasser, nebst einem der andern Gläser vor das Feuer, um sie erwärmen zu lassen. In jedem war ein Thermometer, dessen Erigen er von 4 zu 4 Minuten beobachtete. Nachgehends ließ er sie an der freyen Luft wieder erkälten, und zwar von gleichem Grade der Wärme an gerechnet. Ich habe seine Beobachtungen construiert, und gefunden, daß die so am Feuer gemacht worden, zu viel irregulär waren, weil sowohl die Ungleichheit der Flamme als der ungleiche Zufluß der Luft die Erwärmung ungleichförmig machen. Bey dem Erkälten war mehrere Gleichförmigkeit. Ich finde aus diesen Versuchen zwischen den Erkältungs: Subtangente dieser Materien, wenn sie von gleicher Größe und Figur genommen werden, folgende Verhältniß:

Quecksilber	:	:	:	:	56
Baumöl	:	:	:	:	64
Weingeist	:	:	:	:	77
Wasser	:	:	:	:	100

Diese Materien erkälteten an der Luft. Es ist aber jedoch zu bemerken, daß nur ihre Oberfläche der Luft ausgesetzt war, und daß sie demnach größtentheils durch das Glas ihre Wärme verlor. Dieses ist aber nicht ganz gleichgültig. Ich hatte anstatt offener Gläser, geschlossene Thermometer gebraucht, wo demnach Weingeist und Quecksilber ganz durch Glas erkälteten. (§. 263.) Dieses ist der Grund, warum ich das Verhältniß der Subtangenten, wie 5 zu 3 fand, anstatt daß sie bey Martine, wie 11 zu 7 sind. Endlich findet Martine auch, daß sein Quecksilberthermometer in der Luft 8 bis 9mal langsamer erkältete als in Wasser oder in Quecksilber. Denn diese zwei Materien gaben keinen sehr merklichen Unterschied. Martine hält sich übrigens lange dabey auf, daß seine Versuche von dem, was Boerhave, Muschenbroeck und andere angeben, so sehr verschieden sind. Diese schlossen überhaupt, daß ein dichter Körper langsamer erwärmt und erkältet werde als ein lockerer, und ersterer erzählt es so, als wenn die Erfahrung es allemal bekräftigen würde. Die Erfahrung macht nun aber dabey starke Ausnahmen, und zeigt, daß hiebey noch mehr Umstände in Betrachtung kommen.

§. 267.

Da man die flüssigen Materien nicht anders als vermittelst der Gefäße bestimmte Figuren geben kann, so läßt sich besonders auch die Erkältungs-Subtangente der Luft nicht anders als mittelst der Gefäße bestimmen. Ich finde aber, daß sie so klein ist, daß man sie so gut als für nichts zu achten hat. Wenn ich die Kugel des im 91sten §. beschriebenen Luftthermometers in der Hand halte oder in warmes Wasser setze, so bewegt sich die kleine Quecksilbersäule in der Röhre augenblicklich so schnell, daß man ohne Mühe sieht, die zur völligen Erwärmung der Luft in der Kugel erforderliche Zeit betrage, bloß deswegen etliche Secunden, weil das Glas der Kugel so viel Zeit braucht erwärmt zu werden. Die Quecksilbersäule läuft mit einer wirklich beschleunigten Bewegung von dem ersten Augenblicke an, und wenn das Wasser sehr warm ist, so fährt sie mit ziemlicher Geschwindigkeit zur Röhre heraus, so bald die Kugel ins Wasser kommt. Nehme ich hingegen die Kugel des im §. 81. und folgenden beschriebenen Luftthermometers in die Hand, oder stelle sie in warm Wasser, so steigt das Quecksilber in der Röhre ebenfalls in wenigen Secunden schnell aufwärts, hernach fährt es fort ganz langsam zu steigen. Nämlich in den ersten Secunden erhält die Luft in der Kugel schon alle Wärme. Da aber das unten in der Kugel liegende Quecksilber viel langsa-

mer erwärmt wird, so benimmt es auch der Luft einen Theil ihrer gleich Anfangs erlangten Wärme, bis es endlich auch die Wärme des Wassers erlangt hat. Diese Schnelligkeit, womit die Wärme sich in der Luft ausbreitet, macht, daß die Luft aller Orten gerade nur die Wärme der Körper hat, welche sie berührt, und daß, wenn die Erde und andere Körper die Wärme der Sonne nicht besser aufbehielten, als die Luft, wir von der Sonnenwärme wenig würden zu genießen haben. Da ferner alle andere Körper in der Luft so langsam erwärmen und erkälten, so ist dieses der Grund, warum dünne Fenstergläser die Wärme in der Stube zurück halten, und besonders, warum die Wirkung doppelt wird, wenn doppelte Fenster sind. Man begreift eben so, daß ein Zimmer wärmer bleibt, wenn die Wärme sich durch Tapeten oder Getäfel den Weg in die Mauer bahnen muß. Man begreift eben so auch, warum das Wasser uns kälter zu seyn scheint als gleich kalte Luft? Denn die Erkältungs-Subtangente ist in der Luft 8 bis 10mal größer als im Wasser, und so verlieren wir in der ersten Secunde im Wasser 8 bis 10mal mehr Wärme als in der Luft.

§. 268.

Noch habe ich anzumerken, daß die Erwärmungs-Subtangente mit der Erkältungs-Subtangente bey jedem Körper und in einerley flüssigen Materie einerley Größe hat. Wenn das Thermometer um gleich viele Grade wärmer oder kälter als die Luft ist, so nähert es sich der Luftwärme nach einerley logarithmischen Linie. Die Anzahl der Grade von Wärme, die es in gleicher Zeit im ersten Fall verliert, im andern Fall erhält, ist gleich groß. Man kann hieraus schließen, daß gleiche Grade der Wärme im Thermometer, in der Luft, in andern flüssigen Materien gleiche Ueberwucht haben. Ich sage mit Vorbedacht: Ueberwucht. Denn das Wort Kraft würde hier mehrzweydeutig gewesen seyn, weil die Kraft der Wärme in den Körpern von der Kraft, womit sie in andere berührende Körper wirkt, nothwendig zu unterscheiden ist. (S. 102.)

Zweytes Hauptstück.

Erwärmung und Erkältung in zusammengesetzten Fällen.

Erster Abschnitt.

Erwärmung am Feuer und an der Sonne.

§. 269.

Das Feuer brennt gewöhnlich zu ungleich, als daß die Wärme, die es mittheilet, einer genauen Berechnung fähig seyn sollte. Wenn man demnach setzt, die Wirkung des Feuers sey eine Zeitlang gleich gewesen, so rechnet man hiebei eines in das andere und nimmt einen mittlern Durchschnitt. Und so genommen will es sagen, das Feuer habe einem Körper in gleicher Zeit gleich viel Wärme mitgetheilt. Ich setze ferner hiebei, daß der Körper nicht im Feuer liege. Denn so würde er zu den im vorhergehenden Hauptstücke betrachteten Fällen gehören. Der Körper soll außerhalb dem Feuer seyn, von demselben in gleich viel Zeit gleich viel Wärme erhalten, diese Wärme aber in der Luft wiederum so verlieren, daß er nur bis auf einen gewissen Grad erwärmt wird. Ich setze diese Umstände bloß, weil sie die einfachsten sind, woben ein Körper erwärmt wird und zugleich auch die erhaltene Wärme wieder verliert. Es ist zugleich auch der Fall derjenigen Körper, die an der Sonne erwärmt werden, wenn die Sonne fortfährt gleich helle zu scheinen.

§. 270.

Es sey also y die Wärme, die der Körper nach Verfluß der Zeit τ hat; seine Erkältungs-Subtangente sey γ , und in jedem Zeithetle $= 1$, erhalte derselbe von dem Feuer n Grade von Wärme, so wird $n d\tau$ die Wärme seyn, welche er in dem Zeithetlichen $d\tau$ erhält. Da er aber y Grade wärmer ist als die ihn umgebende Luft, so wird er $y d\tau : \gamma$ Grade in eben dem Zeithetlichen wiederum verlieren. Folglich wird die Wärme, die er behält

$$dy = n d\tau - \frac{y d\tau}{\gamma}$$

seyn. Man sieht ohne Mühe, daß wenn man n veränderlich setzt, diese Formel überhaupt auch alle die Fälle begreift, wo die Erwärmung ungleichförmig ist. Ferner sieht man, daß man in gleicher Allgemeinheit $dy = 0$ setzen, und dadurch das Maximum der Wärme

$$y = n \tau$$

so der Körper erhält, bestimmen kann, wobei man, wenn n veränderlich ist, denjenigen Werth nehmen muß, welcher zur Zeit der größten Erwärmung statt findet. Die größte Wärme ist sodann derjenigen gleich, die der Körper in der Zeit τ erhalten würde, wenn er inzwischen nicht wieder erkältete.

§. 271.

Setzen wir nun aber n beständig, so erhalten wir die Integralformel

$$y = n \tau - (n \tau - Y) \cdot e^{-\tau}$$

wo Y die anfängliche Wärme vorstellt. Man sieht demnach, daß die Erwärmung logarithmisch und durchaus eben, die ist, welche statt haben würde, wenn die Luft die Wärme $n \tau$ hätte, und der Körper in derselben erwärmt würde.

§. 272.

Wenn mehrere Körper von einerley Materie und Figur sind, und nur der Größe nach, sich von einander unterscheiden, so wird für jeden der Werth von n in gerader Verhältniß, der gegen das Feuer gelehrten Fläche und in umgekehrter Verhältniß seines körperlichen Raumes seyn. Hingegen ist die Erkältungs-Subtangente τ gerade wie der Raum, und umgekehrt, wie die ganze Oberfläche. Da nun das Maximum der Wärme $= n \tau$ ist, so folgt, daß wenn bey allen solchen Körpern, die dem Feuer ausgesetzten Flächen der ganzen Oberfläche proportional sind, sie sämtlich einerley Grad der Wärme erhalten werden. Der Unterschied wird nur seyn, daß die größern Körper diesen Grad langsamer und später erhalten. Ich verstehe übrigens, daß sie in gleicher Entfernung von dem Feuer stehen, so daß die Feuerstrahlen in gleicher Dichtigkeit auf ihre Oberfläche fallen. Denn sonst müßte der daher rührende Unterschied mit in die Rechnung gezogen werden.

§. 274.

Dieses findet nun auch in Absicht auf die Sonne statt, so lange sie gleich helle scheint und die Luft gleiche Wärme behält. Es kömmt aber in Absicht auf die Sonne noch ein Umstand hinzu, welcher von der Farbe der Körper herrührt. Man hat sich aber mehrentheils begnügt, diesen Unterschied aus optischen Gründen zu beweisen, und sich allenfalls nur auf gemeine Erfahrungen zu berufen. *Dalencé*, welcher zwey Stück Marmor, um ihre Ausdehnung durch die Wärme zu bestimmen, an die Sonne legte, die von gleicher Figur und Größe, wie auch der Sonne gleich ausgesetzt waren, merkt bey dieser Gelegenheit an, daß das weiße Stück noch kalt war, als das schwarze schon sehr stark erwärmt worden.

Pistoi

Pistoi zu Siena schwärzte ein Reaumurisches Quecksilberthermometer auf der halben Oberfläche am Rauche der Lampe. Als er die geschwärzte Seite gegen die Sonne kehrte, stieg das Quecksilber bis zum 35sten Grad. Als aber die weißgebliebene Seite gegen die Sonne gekehrt war, stieg es auf den 32sten Grad. Am Schatten zeigte es 21 Grad. Die Sache scheint mir umständlichere Untersuchung zu verdienen. Ich stellte demnach folgende Versuche an:

§. 274.

Den 23sten May 1772 um Mittag, legte ich drey Weingeistthermometer an die Sonne. Zwey waren mit Brasiliensholz roth gefärbt, und die Diameter ihrer Kugeln waren $9\frac{1}{4}$ und $6\frac{3}{4}$ Linien Rheinfl. Maaßes. In dem dritten war der Weingeist gar nicht gefärbt, sondern crystalhelle. Der Diameter der Kugel betrug $9\frac{3}{4}$ Linien. Ein viertes Thermometer legte ich nächst dabey an Schatten. Als die an der Sonne liegenden das Maximum ihrer Wärme erreicht hatten, fand ich

die beyden mit gefärbtem Weingeiste bey	25	Gr.
das nicht gefärbte bey	21	$\frac{1}{2}$ —
das am Schatten bey	10	—

also waren die beyden gefärbten 15 Grade, das ungefärbte nur $11\frac{1}{2}$ Grad gestiegen.

§. 275.

Den 14ten Brachmonat um halb 12 Uhr, wiederholte ich den Versuch, und legte noch ein Quecksilberthermometer mit an die Sonne, dessen Kugel $9\frac{3}{4}$ Linien Rheinfl. im Durchschnit hatte. Als sie das Maximum ihrer Wärme erreicht hatten, war

das von Quecksilber bey	23,0	Grad.
das größere rothgefärbte	24,1	—
das kleinere	24,0	—
das nicht gefärbte	21,8	—
das am Schatten	16,0	—

also war das von Quecksilber 7 Gr. Die beyden gefärbten Weingeistthermometer 8, und 8,1 Gr. Das ungefärbte 5,8 Gr. gestiegen.

§. 276.

Hierauf tauchte ich den 15ten Brachmonat das nicht gefärbte Weingeistthermometer mehrmalen in Dinte und ließ es jedesmal trocken, und so wurde es mit einer schwarzen undurchsichtigen Kruste überzogen. Das kleinere Rothge-

färbte übertünchte ich mit sehr weißem Kalk, so daß die Kugel nunmehr $7\frac{1}{2}$ Linien Durchmesser hatte. Ich legte sie sogleich um 10 Uhr Vormittags an die Sonne, und fand nach 11 Uhr

das geschwärzte bey	:	:	28,2 Gr.
das übertünchte	:	:	13,8 —
das unbestrichene	:	:	26,0 —
das am Schatten	:	:	16,5 —

also war das überschwärzte 11,7 Gr., das rothe 9,5 Gr. gestiegen, das übertünchte aber nicht nur nicht gestiegen, sondern 2,7 Grad gefallen, obgleich es auch an der Sonne lag. Ich konnte leicht vermuthen, dieses müsse daher rühren, daß der Kalk, womit es übertüncht worden, noch feucht war. Als ich hierauf die Thermometer wiederum an ihren Ort hieng, fand ich, daß das übertünchte noch 1,1 Grad mehr fiel, und erst nach einer Stunde wieder so weit stieg, daß es mit dem am Schatten gebliebenen übereintraf. Inzwischen war es ganz aufgetrocknet.

§. 277.

Den nächstfolgenden 16ten Brachmonat legte ich diese Thermometer, nebst dem von Quecksilber nochmals an die Sonne, und als sie das Maximum ihrer Wärme erreicht hatten, fand ich

das von Quecksilber bey	:	:	24,3 Grade.
das überschwärzte	:	:	30,2 —
das übertünchte	:	:	20,3 —
das rothgefärbte	:	:	26,6 —
das am Schatten	:	:	17,4 —

also war das von Quecksilber 6,9, das überschwärzte 12,8, das übertünchte 2,9, das mit rothgefärbtem Weingeiste 9,2 Grade gestiegen.

§. 278.

Endlich übertünchte ich noch ein Weingeistthermometer mit Kalk, und überstrich das den 15ten, übertünchte zuletzt mit Zinnober, wodurch es mennigfärbig aussah. Als sie lange schon getrocknet waren, legte ich sie den 26sten Brachmonat Vormittags an die Sonne. Nachdem sie das Maximum ihrer Wärme erreicht hatten, fand ich

das von Quecksilber bey	:	:	30,0 Grade.
das überschwärzte	:	:	37,2 —
das mit Zinnober bestrichene	:	:	29,9 —
das übertünchte	:	:	26,3 —
das von rothgefärbtem Weingeist	:	:	32,6 —
das am Schatten	:	:	22,8 —

also war das von Quecksilber 7,2 Grad. Das überschwärzte 14,4 Grad. Das mit Zinnober bestrichene 7,1 Grad. Das weißübertünchte 3,5 Grad. Das von rothgefärbtem Weingeiste 9,8 Grad gestiegen.

§. 279.

Der Weingeist in der Kugel des unbestrichenen Thermometers sahe dunkelroth aus, war aber doch noch durchsichtig. Die Kugel des Quecksilberthermometers war ehemals vom Rauche etwas angelauten, so daß das Quecksilber nicht ganz glänzendweiß durchschien, und folglich etwas weniger Sonnenstralen zurückfielen. Da ferner die Quecksilbergrade um etwa $\frac{1}{2}$ größer sind, (§. 124.) so können in dem letzten Versuche statt der 7,2 Quecksilbergrade $8\frac{1}{2}$ Weingeistgrade gerechnet werden. Das weißbestrichene Thermometer war wie die weißeste Mauer, das will sagen, so weiß es immer seyn konnte.

§. 280.

Nun zeigen die zween ersten Versuche, (§. 274. 275.) daß, so lange die beyden gefärbten Weingeistthermometer nicht bestrichen waren, sie an der Sonne um gleich viel stiegen, ungeachtet ihre Kugeln von ungleicher Größe waren. Vermöge des vorhin (§. 272.) gesagten, konnte dieses voraus vermuthet werden. Da es also auf die Größe der Kugeln hier nicht ankömmt, so werde ich, Kürze halber, setzen, als wären sie gleich groß gewesen. Also würden auf alle in gleicher Zeit hineingedrungen wären, so würden wenigstens die Weingeistthermometer sämmtlich um gleich viel Grade gestiegen seyn. Es wurden aber viele Stralen von der Oberfläche zurückgeworfen. Daher drangen desto weniger hinein, je heller die Farbe war, und zwar im letzten Versuche

bey weißen	:	:	:	3,5 Gr.
— hellrothen	:	:	:	7,1 —
— dunkelrothen	:	:	:	9,8 —
— schwarzen	:	:	:	14,4 —

Das Quecksilberthermometer kömmt hier nicht in Vergleichung, weil mehrere Umstände dabey verschieden sind.

§. 281.

Ob nun in dem Kalke ein besonderer Grund ist, daß das übertünchte Thermometer an der Sonne so gar wenig stieg, das läßt sich gewissermaassen vermuthen. Ich habe bereits vorhin angeführt, daß, als der Kalk noch feucht war, das Thermometer an der Sonne nicht stieg, sondern fiel (§. 276.) Man

weis schon längst, daß, wenn auf die Kugel eines Thermometers Wasser gegossen wird, das gleiche Wärme mit der Luft hat, das Thermometer fällt. Den 24sten Junii 1772 stellte ich ein Thermometer in Wasser, welches mit der Luft gleiche Wärme hatte. Als ich es heraus zog, ohne die Kugel abzutrocknen, fiel es von 19,8 Gr. auf 18. Ich goß einige Tropfen Wasser auf die Kugel, und der Weingeist fiel bis auf den 16½ Grad, aber nicht weiter. Es erhellet hieraus, daß bey dem Ausröcknen nicht nur Wasser, sondern auch Wärme wegfährt, und zwar mehr Wärme als das ausröcknende Wasser an sich schon hatte. Als ich den 24sten Jun. das den 15ten übertünchte mit Zinnober bestriche, wodurch es wieder feucht wurde, fiel der Weingeist vom 19ten auf den 15ten Grad, und stieg dann so langsam wieder, daß es erst nach 6 Stunden die Wärme der Luft erreichte. An eben dem Tage hatte ich ein ander Weingeistthermometer übertüncht. Als es Nachmittags um 4 Uhr trocken war, tauchte ichs 20 Secunden lang in Wasser. Während dieser kurzen Zeit fiel es von 20½ Gr. auf 20 Gr. Als ich es herausgezogen, fiel es in Zeit von 12 Minuten auf 15,2 Grad, da es wieder anfang sehr langsam zu steigen. Man kann hieraus schließen, daß feuchte Mauern kälter sind, als trockene. Da der Kalk die Feuchtigkeit leicht annimmt, so mag dieses ein Grund seyn, der das übertünchte Thermometer verhinderte mehr zu steigen als es gestiegen ist. Ich habe in der Photometrie durch Versuche bestimmt, daß das weißeste Bleiweiß nur $\frac{2}{3}$ von den auffallenden Sonnenstralen reflectirt, folglich $\frac{1}{3}$ hineindringen. Wenn demnach in das überschwarzte Thermometer alle auffallende Sonnenstralen eingedrungen wären, so müßte, da es 14,4 Grad gestiegen, das übertünchte $\frac{2}{3}$. $14,4 = 8,6$ Grade gestiegen seyn. Es stieg aber nur 3½ Grad, demnach über die Hälfte weniger. Es kann nun auch seyn, daß, da der Kalk mehr Zwischenräumchen hat, die Wärme wiederum leichter daraus weggeht. Dadurch wird die Erkältungs-Subtangente kürzer, und das Maximum der Wärme geringer.

§. 282.

Da bey einerley Thermometer die Erkältungs-Subtangente γ in der Luft sich nur in Absicht auf ihre Feuchtigkeit und Dichtigkeit, und damit überhaupt betrachtet, wenig ändert, so richtet sich das Maximum der Wärme an der Sonne n γ , fürnemlich nach der Dichtigkeit der auffallenden Sonnenstralen. Dieser Umstand gab mir längst schon Anlaß zu verschiedenen Versuchen. Den 21sten Jul. 1755. legte ich ein Thermometer an die Sonne, und beobachtete mehrere Minuten lang, wie es stieg. Als ich es wieder in Wasser erkältet und getrocknet hatte, legte ich es hinter ein Spiegelglas, durch welches die Sonne senkrecht schien. Nachgehends eben so hinter zwen Gläser, und dann hinter drey Gläser. Dieses war, um zu sehen, wie viele Sonnenstralen durch die Gläser würden aufgefangen

werden. Endlich ließ ich die Sonne unter einem Einfallswinkel von 30 Graden durch eines dieser Gläser auf das Thermometer scheinen: und zuletzt richtete ich die unter einem Winkel von 30 Graden auf das Glas und von demselben zurückfallenden Sonnenstrahlen auf das Thermometer; und beobachtete jedesmal, wie viel es von halben zu halben Minuten stieg. Damit über diesen Versuchen nicht zu viel Zeit vergieng und die Sonnenhöhe sich nicht zu merklich änderte, konnte ich nicht abwarten, bis das Thermometer jedesmal das Maximum seiner Wärme erreicht hatte. Es war auch überhaupt schon genug, wenn ich die anfängliche Geschwindigkeit bestimmte. Den Erfolg enthält folgende Tafel:

Zeit.	An der Sonne.	durch 1 Gl. senkrecht.	durch 2 Gl. senkrecht.	durch 3 Gl. senkrecht.	durch 1 Gl. unter 30 Gr.	von 1 Glas unter 30 Gr
0	21, 9	21, 2	21, 2	21, 3	21, 5	22, 3
1	22, 7	22, 0	21, 8	21, 9	22, 2	22, 5
2	23, 8	22, 8	22, 4	22, 4	23, 0	22, 7
3	24, 8	23, 5	23, 1	23, 1	23, 7	22, 9
4	25, 5	24, 2	23, 7	23, 7	24, 6	23, 0
5	26, 3	24, 9	24, 3	24, 2	25, 2	23, 2
6	27, 0	25, 6	25, 0	24, 7	26, 0	23, 3
7	27, 8	26, 2	25, 7	25, 1	26, 6	23, 5
8	28, 4	26, 8	26, 2	25, 5	27, 1	23, 6
9	29, 0	27, 4	26, 6	25, 9	27, 7	23, 7
10	29, 7	28, 0	27, 0	26, 3	28, 2	23, 8
11	30, 3	28, 5	27, 5	26, 6	28, 7	23, 9
12		29, 0	27, 9	27, 0	29, 1	24, 0
13		29, 4	28, 4	27, 3	29, 6	24, 1
14		29, 9	28, 8	27, 7		24, 2

Die Wärme der Luft war damals 20, 4 Gr. Von diesem Grade an muß eigentlich das Steigen des Thermometers gerechnet werden. Ich habe zu diesem Ende die Zahlen der ersten Columne oder die Zeit als Abscissen, und die Zahlen der übrigen Colummen als Ordinaten gezeichnet, und dadurch gefunden, daß die Dichtigkeit der Sonnenstrahlen in folgender Verhältniß war:

gerade	:	:	100
durch 1 Glas senkrecht	:	:	84
durch 2 Gläser	:	:	69
durch 3 Gläser	:	:	59

Diese Bestimmungen lassen sich nun mit denen vergleichen, die ich im 474 §. der Photometrie, mittelst anderer Gläser, auf eine bloß optische Art gefunden. Es ergiebt sich aus der Vergleichung, daß die hier gebrauchten Gläser durchsichtiger waren. Denn dort fand ich 100, 81, 66, 54: Zahlen welche in etwas stärkerer Verhältniß abnehmen, ungeachtet übrigens der Unterschied nicht groß ist. Ich habe auch bereits im 475ten §. der Photometrie angemerkt, daß Bouguer noch viel undurchsichtigere Gläser gebraucht hat, weil bey ihm schon zwey Gläser genug waren, die Hälfte der Sonnenstrahlen aufzufangen.

§. 283.

Auf eben die Art, wie ich die durch Gläser verminderte Dichtigkeit der Sonnenstrahlen durch Versuche bestimmt hatte, bestimmte ich sie, sofern sie durch den Dunskreis der Erde vermindert wurde. Ich legte ein Thermometer an die Sonne und ein anderes nahe bey an Schatten. Dieses geschah mehrmals Vormittags um 10 Uhr, da die Sonne anfing, das Fenster zu bescheinen. Erst mußte ich eine Stunde und mehr vorbehen lassen, ehe das an die Sonne gelegte Thermometer so weit gestiegen war, daß von da an sein Steigen und Fallen sich schlecht hin nur nach der zu und abnehmenden Dichtigkeit der Sonnenstrahlen richtete. Ich fand aber selten einen Tag, wo nicht zuweilen Wolken vor die Sonne kamen, oder der Wind das Thermometer an der Sonne nicht etwas erkältete. Unter den noch vorrätigen Beobachtungen finde ich die vom 17ten May 1756 als die regulärste. Ich fand das Thermometer an der Sonne höher als das am Schatten Nachmittags bey der

Sonnenhöhe.	Grade.
60	15,8
50	14,6
40	12,8
30	10,0

Und daraus folgerte ich die in der Photometrie (§. 886.) angegebene Bestimmung von der Schwächung des Sonnenlichtes durch die Luft. Ich fand ferner:

Tag.	Sonnenhöhe.	Grade vom Wein: geistthermometer.	Grade vom Queck: silberthermometer.
1756. 12. Februar	31 $\frac{1}{2}$ Grad.	6	5
28. Februar	35 —	9 $\frac{1}{2}$	8
28. Mart.	45 $\frac{1}{2}$ —	12 $\frac{1}{2}$	10
31. Mart.	47 $\frac{1}{2}$ —	12 $\frac{3}{5}$	10 $\frac{1}{5}$
8. Mart.	38 —	—	17
15. October	38 $\frac{1}{2}$ —	23	19
28. April	57 —	—	13
18. May	60 —	18,4	—

Man sieht hieraus, wie die Dichtigkeit der Sonnenstralen von der Höhe der Sonne und der ungleichen Durchsichtigkeit des übrigen hellen Himmels abhängt. Daß das Quecksilberthermometer weniger an der Sonne steigt als ein dunkelrothes Weingeistthermometer, erhellet aus diesen Beobachtungen eben so, wie aus den vorhin (S. 275 — 279) angeführten. Uebrigens muß ich ein für allemal erinnern, daß bey allen meinen Thermometern die Kugel einen oder mehr Zolle von dem Brettchen absteht, damit die Wärme des Brettchens in die von der Kugel keinen Einfluß habe. Sodann, da ich mich an das Reaumur'sche Weingeistthermometer gewöhnt habe, so verstehe ich solches, wenn nicht ausdrücklich das Gegentheil gesagt wird.

§. 284.

Diesen Beobachtungen werde ich noch folgende beyfügen, die in Sachsen von Hrn. D. Hoffmann angestellt worden sind. Es sind nach dem Reaumur'schen Thermometer, die sowohl an der Sonne als am Schatten beobachtete größte Grade der Sommerhize von mehreren Jahren.

Jahre.	An der Sonne.	Am Schatten.	Unterschied
1753	33, 0	22, 5	10, 5
1754	37, 0	20, 0	17, 0
1755	37, 0	29, 3	7, 7
1756	35, 3	23, 5	11, 8
1757	35, 3	25, 5	9, 8
1758	32, 5	25, 5	7, 0
1762	36, 3	26, 0	10, 3
1763	—	26, 4	—
1764	—	24, 0	—
1765	36, 0	24, 4	11, 6
1766	36, 0	24, 4	11, 6
1767	36, 3	29, 3	7, 0
1768	32, 0	26, 0	6, 0
1769	30, 3	—	—
1770	—	24, 0	—
1771	—	26, 6	—

§. 285.

Wenn ein Körper dem Feuer oder der Sonne wechselsweise ausgesetzt und entzogen wird, so erhält er eigentlich kein Maximum von Wärme, sondern seine

Wärme nimmt dergestalt zu und ab, daß sie sich, wenn die Kraft des Feuers oder der Sonne beständig gleich bleibt, zuletzt zwischen gewissen Schranken verändert. Diese Schranken seyen Y, y , so daß $Y < y$. Und die Zeit der Erwärmung sey $= \tau$, so giebt die oben gefundene Formel (§. 271.)

$$y = n\gamma - (n\gamma - Y) \cdot e^{-\tau: \gamma}$$

Es sey ferner die Zeit der Wiedererkältung $= z$. Da nun der Körper von dem Grade y bis zum Grade Y wieder erkältet, so giebt die Formel (§. 258.)

$$Y = y \cdot e^{-z: \gamma}$$

Aus diesen beyden Gleichungen folgt

$$y = n\gamma \cdot (1 - e^{-\tau: \gamma}) : (1 - e^{-(\tau+z): \gamma})$$

Demnach

$$y < n\gamma.$$

Es ist aber $n\gamma$ die Wärme, so der Körper erhalten würde, wenn er in einem fort an dem Feuer oder an der Sonne gelassen würde. Man sieht demnach, daß er bey dem abwechselnden Erwärmen und Erkälten diesen Grad der Wärme nicht erreichen kann. Und daraus folgt hinwiederum, daß eine geringere Kraft des Feuers oder der Sonne, wenn sie beständig auf den Körper wirkt, demselben eben so viele Wärme mittheilen kann, als eine stärkere Kraft, die nur wechselsweise auf den Körper wirkt. Man kann hievon einige Anwendung auf die Erwärmung der Zimmer durch Oefen machen. Auch läßt sich daraus begreifen, daß in den Polarländern fortdauernder Sonnenschein die Erde eben so gut wärmt, als sie zwischen den Wendekreisen erwärmt wird, wo zwar die Sonne des Mittags viel höher geht, dagegen aber nicht viel über 12 Stunden über dem Gesichtskreise bleibt. Ich habe übrigens in dieser Berechnung die Zeiten τ, z beständig gleich angenommen, um die Rechnung einfacher zu machen, und um zu zeigen, was in diesem einfachsten Fall statt findet. In den Pariser Memoires 1719. erzählt Mairan einen hieher gehörenden Versuch. Er brachte 12 Unzen Wassers in einem irdenen Topfe am Feuer, in weniger als 17 Minuten Zeit zum Sieden. Hingegen gebrauchte es etwas über 28 Minuten Zeit, als er eben so viel Wasser in eben dem Topfe und eben dem Feuer wechselsweise 4 Minuten lang ansetzte und 2 Minuten lang entzog. Als er es aber wechselsweise 2 Minuten ansetzte und 4 Minuten lang entzog, konnte er das Wasser nicht zum Sieden bringen. Die Luft soll temperirt gewesen seyn. Es wurde aber kein Thermometer dabey gebraucht, und

und da das Wasser nicht mehr als siedend werden kann, so läßt sich nicht viel bestimmtes aus diesen Versuchen schließen.

§. 286.

Außer diesen Fällen, wo ein Körper dem Feuer oder der Sonne wechselsweise ausgesetzt und entzogen wird, giebt es auch solche, wo nicht immer eben die Seite des Körpers der Wirkung des Feuers oder der Sonne unmittelbar ausgesetzt ist. So z. E. sind die Körper, die man am Feuer beständig umwendet. Wenn solche Körper sehr klein sind, daß die Wärme sich gleich durch den ganzen Körper vertheilt, so hat dieses Umwenden wenig zu sagen. Bey größern Körpern aber erhält man dadurch den Vortheil, daß die Wärme sich gleichförmiger durch dieselbe vertheilt, und daß sie nicht auf der einen Seite andrennen, während dem sie auf der andern Seite kalt bleiben. In Absicht auf die ganze Summe der Wärme ist es, überhaupt betrachtet, einerley. Ist aber der Körper nicht sehr rund, sondern flach oder zackicht, so kann sich wegen der Ungleichheit, der dem Feuer oder der Sonne ausgesetzten Seite ein merklicher Unterschied äußern. Man kann hieraus verschiedene Regeln für die Koch- und Bratekunst herleiten, welche theils die Figur des Bratens, theils die Geschwindigkeit des Umdrehens betreffen.

§. 287.

Die Sonne wird oft durch Wolken, theils wechselsweise, theils auch den ganzen Tag über bedeckt. Das letztere verursacht aber keine gänzliche Entziehung der Sonnenwärme. Das Sonnenlicht wärmet, auf welche Art es immer auf die Körper fällt, und daher auch unter der Gestalt des bloßen Tageslichtes. Ich habe in der Photometrie (S. 985.) gewiesen, daß eine Ebene, die von dem ganzen Himmel beleuchtet wird, bey mäßigen Sonnenhöhen ungefähr $\frac{1}{2}$ von demjenigen Lichte erhält, das sie erhalten würde, wenn die Sonne senkrecht sie beleuchtete und keine Sonnenstrahlen von der Luft aufgefangen würden. Da aber die Luft selbst bey großen Sonnenhöhen, wenigstens $\frac{2}{3}$ Strahlen auffängt, so daß nur noch $\frac{1}{3}$ auffallen; (Photom. S. 886.) so verhält sich die Beleuchtung der Ebene vom ganzen Tageslichte zu ihrer Beleuchtung von der Sonne, wie $\frac{1}{3}$ zu $\frac{2}{3}$, folglich wie 1 zu 3. Es folgt hieraus, daß bey trübem Wetter das Thermometer unter Tagen noch immer $\frac{1}{3}$ so viel steigen kann, als es steigt, wenn die Erde von der Sonne unmittelbar beleuchtet und erwärmt wird. Man findet dieses auch durch die Erfahrung bekräftigt, wenn man abrechnet, was warme oder kalte Winde und Regen an dieser Regel ändern können. Das Thermometer steht auch an trübem Tagen des Nachmittags höher als des Morgens.

S. 288.

Endlich kömmt beym Feuer, so wie bey der Sonne der Einfallswinkel in Betrachtung, weil eine schiefer liegende Fläche weniger Feuer- oder Lichtstralen auffängt, als wenn diese senkrecht auffallen. Dieses macht aber noch nicht alles, weil es besonders in Absicht auf das Sonnenlicht eigentlich auf die Stralen ankömmt, die nicht nur auffallen, sondern in den Körper hineindringen, und dieses ist bey kleinen Einfallswinkeln der geringste Theil. Aus dem 632sten S. der Photometrie erhellet, daß der Logarithmus der eindringenden Lichtstralen in umgekehrter Verhältniß des Quadrates vom Sinus des Einfallswinkels ist. Hieraus läßt es sich nun beurtheilen, was von den oben (S. 218.) erwähnten Versuchen zu halten ist, da man, um die Ausdehnung metallener Stangen zu erforschen, die Stangen, nebst Thermometern an die Sonne legte, und sich einbildete, daß der Grad der Wärme beym Thermometer und den Stangen einerley seyn würde, daß dieses bey Lowizens Versuch (S. 219.) nicht war, habe ich bereits daselbst aus andern Gründen erweislich gemacht. Der Unterschied der Farbe und der Materie zeigt sich schon beym Thermometer (S. 274 — 281.) Bey den Stangen kömmt noch der Unterschied der Figur und der Einfallswinkel hinzu, und dann fällt auch die Erkältungs-Subtangente sehr verschieden aus. Man wird hieraus ohne Mühe begreifen, woher es kömmt, daß D. Juan für 10 Reaumurische Grade ganz andere Ausdehnungen der Stangen findet, als er sie an der Sonne erwärmte und im Schnee erkältete. Nach seinen Versuchen dehnten sich 6 Fuß lange Stangen

von		an der Sonne.		im Schnee.
Eisen	“	0,266	“	0,100 Linien.
Stahl	“	0,249	“	0,137
Kupfer	“	0,390	“	0,180
Messingbleche	“	0,320	“	0,110
messingne Stange	“	0,410	“	—

Der Versuch an der Sonne wurde mehrmal wiederholet, und der Erfolg war ziemlich ungleich. Z. E. die Ausdehnung des Kupfers war einmal 0,340, ein andermal 0,440. Man kann nicht sagen, daß dieses von der ungleichen Durchsichtigkeit der Luft herrühre. Denn die zu gleicher Zeit an die Sonne gelegte eiserne Stange dehnte sich beydemal um gleich viel, nemlich 0,266 aus. Vielleicht hatte man auf den Einfallswinkel nicht so genau gesehen. Die Stangen mögten wohl nicht polirt ge wesen seyn, hingegen mag das Messingblech wohl noch einigen Glanz gehabt haben. Ein glänzendes Metall wirft aber mehr Sonnenstralen zurück. Daher scheint auch das Blech weniger als die messingne Stange erwärmt worden zu seyn. Es läßt sich aber überhaupt aus diesen an der Sonne angestellten Versuchen nichts zuverlässiges schließen. Aus den Versuchen im Schnee sind die

in der Tafel (§. 217.) in der 4ten Columne angeführten Ausdehnungen hergeleitet. Denn wenn z. B. in der Nähe des Frierpunctes durch 10 Reaumur'sche Grade von Wärme ein 6 Fuß langes Eisen um $\frac{1}{10}$ Linie ausgedehnt wird, so beträgt diese Ausdehnung $\frac{1}{8040}$ der ganzen Länge. Nun sind an dem wahren Reaumur'schen Thermometer die Grade des Weingeistes denen von Quecksilber gleich (§. 132.) folglich kann die für 10 Grade gefundene Ausdehnung des Eisens 8fach genommen, die Ausdehnung desselben vom Frier- zum Siedepunct gut genug angeben. Es bleibt also nur noch der Zweifel, ob das von D. Juan, so wie auch die von seinen Reisegefährten Ulloa, Condamine, Bouguer, und Godin gebrauchten Reaumur'schen Thermometer, wahre Reaumur'sche Thermometer gewesen sind. Dieser Zweifel ist nicht unerheblich. (§. 132. 217.)

§. 289.

Wenn in der allgemeinen Formel (§. 270.)

$$dy = n d\tau - \frac{y d\tau}{\gamma}$$

n veränderlich ist, so daß das Feuer- oder die Sonne dem Körper in gleicher Zeit nicht immer gleich viel Wärme mittheilet, so kann n mehrentheils als eine Function von τ angesehen werden, und in so fern lassen sich in dieser Formel die veränderlichen Größen leicht absondern. Man erhält

$$y = \left[\int n e^{\tau/\gamma} d\tau + A \right] \cdot e^{-\tau/\gamma}$$

wo A die nach der vollendeten Integration beizufügende beständige Größe ist, und gewöhnlich mittelst des bekannten Werthes von y zur Zeit $\tau = 0$ bestimmt werden kann.

§. 290.

Der einfachste Fall ist hier derjenige, wo $n = a + b\tau$ ist, und folglich die Kraft des Feuers nach arithmetischer Progression zu oder auch abnimmt. Für diesen Fall erhalten wir die Integralsformel

$$y = a\gamma - b\gamma\gamma + b\gamma\tau - A \cdot e^{-\tau/\gamma}$$

und wenn für $\tau = 0$, $y = Y$ ist, so verwandelt sich diese in

$$y = a\gamma - b\gamma\gamma + b\gamma\tau - (a\gamma - b\gamma\gamma - Y) \cdot e^{-\tau/\gamma}$$

Der Körper erwärmt sich demnach eben so als wenn er in einer Luft, deren Wärme $= a\gamma - b\gamma\gamma$ ist, wäre, und überdies in der Zeit τ die Wärme $b\gamma\tau$ erhielte. Wenn demnach der Körper gleich Anfangs schon die Wärme $a\gamma - b\gamma\gamma$ hätte, so würde

$$a\gamma - b\gamma\gamma - Y = 0$$

folglich schlechthin nur

$$y = a b - b \tau + b \tau$$

seyn. Seine Wärme würde demnach in arithmetischer Progression zunehmen.

§. 291.

Wenn der Grad des Feuers oder der Sonnenwärme so lange beständig gewesen, daß der Körper bereits das Maximum der Wärme erreicht hat, und die erwärmende Kraft sängt von da an größer oder auch kleiner zu werden, so ist $Y = a \tau$, und dann wird

$$y = a \tau - b \tau + b \tau + b \tau e^{-\tau}$$

oder wenn man $e^{-\tau}$ in eine Reihe auflöset

$$y = a \tau + \frac{1}{2} b \tau^2 - \dots$$

Man sieht hieraus, daß die Wärme $a \tau$ Anfangs nicht stark vermehrt wird, dafern nicht b einen sehr großen Werth hat. Uebrigens findet man ähnliche Formeln für die Fälle, wo ein Körper in Luft, Wasser oder einer andern flüssigen Materie erwärmt wird, deren Wärme nicht beständig ist. Denn es sey y die Wärme des Körpers, $a + b \tau$ die von der flüssigen Materie, so wird man $d y = (a + b \tau - y) d \tau$ haben, woraus $y = a - b \tau + b \tau - A e^{-\tau}$ folgt, wenn nemlich b beständig ist, oder die Wärme der flüssigen Materie in gleicher Zeit um gleich viel zunimmt. In diesem Fall wird der Körper, wenn er auch Anfangs wärmer als die flüssige Materie gewesen, zuletzt weniger warm seyn.

§. 292.

Wenn man Versuche anstellt, woben die bisher gegebenen Formeln, anwendbar sind, so hat man zuzusehen, ob nicht das Feuer die umliegenden Körper dergestalt erwärmt, daß selbst die Luft dadurch wärmer wird. Dieses geschieht an sich schon in geschlossenen Zimmern, und eben so auch an der Sonne. Denn da y , Y eigentlich nur den Ueberschuß der Wärme des Körpers über die Wärme der Luft vorstellen, so ist es nöthig über die Veränderung der Luftwärme Rechnung zu tragen. Man hält demnach ein Thermometer zunächst am Schatten der Sonne oder des Feuers, und beobachtet von Zeit zu Zeit dessen Grade, damit man sehen könne, ob, oder wiefern währendes Versuches die Wärme der Luft sich verändert hat. Wird der Körper, welcher den Schatten wirft, von der Sonne oder dem Feuer erwärmt, so muß das Thermometer nicht allzu nahe bey demselben stehen, weil es sonst an dessen Wärme Theil nehmen würde.

S. 293.

Bei der Erwärmung am Feuer ist endlich noch anzumerken, daß das Maximum n 7 (S. 270.) einen größern Grad der Wärme angeben kann, als der Körper auszuhalten fähig ist. Man kann z. B. Wasser so nahe an das Feuer stellen, daß in gleicher Nähe Zinn oder Blei schmelzen würde, und dennoch wird das Wasser höchstens nur die Hitze des Siedepuncts erlangen, welche viel geringer ist. (S. 105. 264.) Man sieht demnach, daß hiebei Urstände vorkommen, welche in den vorhin angegebenen Formeln nicht begriffen sind, und folglich, wo sie vorkommen, noch mit in die Rechnung gezogen werden müssen. Das siedende Wasser ist in einem gewaltsamen Zustande. Es steigen aus demselben eine Menge Blasen empor, welche, wenn das Wasser heftig siedet, mehr mit Feuertheilchen als mit Luft angefüllt sind. Damit gehen die Feuertheilchen, so zu sagen, massenweise aus dem Wasser weg. Bei geringerer Wärme würde das Wasser auf der Seite des Feuers wärmer seyn und nach der andern Seite zu, stufenweise weniger Wärme haben. Aber bei solchem Aufwallen breitet sich die Hitze mit Macht nach allen Seiten aus. Dieses trägt mit bei, daß desto mehr Wärme weggeht. Soll demnach die Rechnung auf diese Fälle angewandt werden, so muß man in der Grundgleichung (S. 270.)

$$dy = n d\tau - \frac{y d\tau}{7}$$

Die Subtangente 7 als veränderlich ansehen, so daß sie desto kleiner werde, je näher der Grad der Wärme y dem Siedepunct ist. Da nun das Maximum der Wärme, wenn die Menge Wassers gegen das Feuer verglichen klein genug ist, auf den Grad des Siedepuncts trift, so kann der kleinste Werth von 7 durch das Maximum n 7 bestimmt werden. Denn n 7 ist der Ueberschuß der Wärme des Siedepuncts über der Wärme der Luft, in welcher das am Feuer stehende Wasser erkaltet. Der anfängliche Werth von n 7 reicht aber viel weiter, z. E. bis an den Grad des schmelzenden Zinnes, Bleies &c. je nachdem das Wasser näher am Feuer steht.

Zweyter Abschnitt.

Erwärmung eines Körpers durch einen andern.

§. 294.

Ein erwärmter Körper theilt einem kältern Körpern, der ihn berührt oder auch nur in seiner Nähe ist, einen Theil seiner Wärme mit, und zwar desto mehr, je näher beyde beysammen, und je größer die gegeneinander gekehrte oder auch einander berührende Flächen sind, auch je genauer sie sich berühren. Denn wenn Luft oder auch nur luftleerer Raum zwischen den berührenden Körpern ist, so muß die Wärme erst aus dem einen Körper in die Luft oder in den leeren Raum, und dann aus diesen in den andern Körper. Damit geht es viel langsamer (§. 263. 266.) Sieglar in seinem *Digestor Papini* giebt demnach den Rath, daß wenn man sehen will, ob ein Körper heiß genug sey, um z. E. Bley zu schmelzen, man dieses geschwinder erfährt, wenn man einen bleyern Stift zuerst in Del taucht, und dann damit den Körper berührt. Dann die Hitze geht durch das, beyde Körper genau berührende Del viel schneller in das Bley hinüber. Macht man aber beyde berührende Flächen spiegelglatt, so daß sie gleichsam an einander kleben, so geht auch der Uebergang der Wärme besser von statten. Ich merke dieses hier an, weil es in die Bestimmung der Erklärungs-Subtangente einen nicht geringen Einfluß hat.

§. 295.

Da die Wärme sich bey größern Körpern nicht augenblicklich durch dieselben verbreitet, so kömmt man, wenn beyde flüßig und von nicht gar zu ungleicher Schwere sind, am besten fort, wenn man sie zusammen gießt und umrühret. Ich habe bereits oben (§. 96.) erwähnt, daß man solche Mischungen von warmen und kalten Wasser vorgeschlagen hat, um das Thermometer nach gleichen Graden von Wärme einzutheilen. Boerhave ohne sich diese Absicht vorzusetzen, erzählt, daß wenn er gleich viel siedend Wasser und frierendes zusammen mischte, die im kalten noch übrige Wärme gleichsam verloren gieng. Das siedende hatte nemlich 212 Gr., das frierende 32 Gr. Wärme nach dem Fahrenheitischen Thermometer. Der Unterschied ist 180 Grad. Davon sollten 90 in das frierende Wasser über gehen, und 90 in dem so siedend war, bleiben, und folglich sollte die Mischung $32 + 90 = 122$ Gr. Wärme erhalten. Boerhave fand nur 90. Kraft stellte den Versuch ebenfalls an und fand nur 108. Wenn man aber nicht auf alle Umstände Acht giebt, so kann man einen jeden beliebigen Grad finden. Man habe z. E. das kalte Wasser in einem Kessel von dickem Metall, das warme in einem Gefäße von dünnem Bleche. Man gieße dieses in jenes, so

verliert es schon bey dem Eingießen einen Theil seiner Wärme. Von der übrigbleibenden theilet es nicht nur dem kalten Wasser, sondern auch dem dicken Metall des Kessels mit. Stellt man sodann ein Thermometer hinein, welches kälter als die Mischung ist, so nimmt das Thermometer selbst noch etwas Wärme weg, und überdies gebraucht es Zeit, ehe das Thermometer die gehörige Wärme erlangt. Inzwischen erkaltet die Mischung. Man wird also das, was man suchte, weit verfehlen, besonders wenn man nur wenig Wasser zusammen mischet. Boerhave spricht von einem Pfund. Kraft mag vielleicht mehr genommen haben. Richmann erinnert ausdrücklich, man müsse auf die Gefäße mit Rücksicht nehmen, und so werde man finden, daß der Ueberschuß der Wärme durch die ganze Masse der Mischung vertheilt, in Verhältniß der ganzen Masse zur Masse des wärmer gewesen Wassers geringer werde. Die umständlichste Versuche hierüber findet man bey *de Luc*. Er setzt aber in der Anwendung, die er davon machet, voraus, daß wenn in gleich viel Wasser doppelt mehr Feuertheilchen sind, die Wärme doppelt größer seyn werde, daran mag wohl nicht viel fehlen. Indessen wenn man gleich viel nach dem Gewichte oder nach dem Raume nimmt, so macht unstreitig die Ausdehnung des Wassers durch die Wärme hiebey einigen Unterschied, welches sich vom Frierpunct bis zum Siedepunct auf den $\frac{1}{2}$ Theil des Ganzen erstreckt. Sodann kann man durch das Wort Wärme die Dichtigkeit der Feuertheilchen verstehen; man kann aber auch ihre Kraft dadurch verstehen, und da muß man erst nachsehen, wiefern Kraft und Dichtigkeit zu gleichen Schritten gehen. Der Unterschied mag geringe seyn. Ich führe dieses aber an, weil Herr *de Luc* gerade auf solche geringe Unterschiede in seinen Versuchen Rücksicht nimmt. Seine Absicht war nicht, die Wärme der Mischung nach dem Thermometer zu schätzen, sondern vermittelt jener die Eintheilung von diesem zu berichtigen.

§. 296.

Solche Mischungen gehen nun bey wässerichten Materien, als Wasser, Wein, Eßig, Weingeist &c. und hinwiederum bey ausgepreßten Oehlen noch gut an, weil sie sich wirklich mischen lassen. Nimmt man hingegen Wasser und Oehl, oder Wasser und Quecksilber, so hilft besonders im letzten Fall das Umrühren nicht viel. Boerhave giebt an, daß drey Theile (gemessen, nicht gewogen) Quecksilber und zwey Theile Wassers zusammen gegossen, eben die Wärme geben, die er bey gleichen Theilen von Wasser gefunden, es mag nun das Quecksilber oder das Wasser wärmer gewesen seyn. Daraus folgt, daß im Wasser drey Feuertheilchen nicht mehr Kraft der Wärme haben, als zwey Feuertheilchen in Quecksilber, wenn nemlich Wasser und Quecksilber gleichen Raum einnehmen. Boerhave sagt übrigens, daß auf sein Begehren Sahrenheit diese Versuche angestellt habe. Barnaart nahm ähnliche Versuche vor, und giebt in Ansehung der Mischungen

von warmem und kaltem Wasser dem Richmann Beyfall. Hingegen bey Wasser und Quecksilber findet er Schwierigkeiten, die er geschicktern Naturkündigern aufzulösen überläßt.

§. 297.

Wenn Körper nicht auf die ersterwähnte Art gemischt werden, sondern sich nur berühren, so kömmt dabey der Unterschied vor, ob einer den andern ganz umgiebt, oder ob die Berührung nur auf einer Seite statt findet. Der erste Fall ist einfacher, weil man dabey nur zwey Erkältungs-Subtangenteu nöthig hat. Ich werde ihn demnach zuerst vornehmen, und setzen, daß der eingeschlossene Körper wärmer sey, als der ihn umgebende. Hiebey kömmt nun eine doppelte Erkältung vor. Der innere Körper verliert von seiner Wärme. Diese geht in den äußern hinüber, und endlich aus diesem in die Luft. Ich setze hier, wie in den vorhin betrachteten Fällen, die Körper seyn klein genug, daß die Wärme, die sie erhalten, sich sogleich ganz durch dieselben ausbreite. Ist nun Anfangs der äußere Körper an sich schon wärmer als die Luft, so müssen wir den Grad der Luftwärme als 0 ansehen, und von da an die Wärme eines jeden der beyden Körper zählen. Es sey demnach zu einer beliebigen Zeit τ die Wärme des innern Körpers $= y$, des äußern $= z$, so ist $y - z$ der Ueberschuß der Wärme vom erstern. In dem Zeiteilchen $d\tau$ geht aus demselben ein Theil Wärme $d y$ in den äußern Körper hinüber. Die Erkältungs-Subtangente sey $= 7$, so ist (§. 258.)

$$-d y = \frac{y - z}{7} d\tau$$

Und dieses ist die erste Gleichung.

§. 298.

Die Wärme $d y$, welche in der Zeit $d\tau$ aus dem innern Körper in den äußern übergeht, ändert in demselben ihren Werth auf eine doppelte Art. Erstlich die Dichtigkeit, wenn der äußere Körper mehr Größe hat, gesetzt auch, daß er von gleicher Materie sey. In dieser Absicht muß $d y$ in umgekehrter Verhältniß des Raumes vermindert werden, oder vermehrt, wenn der äußere Körper kleiner ist. Zweitens die Kraft, wenn die Körper nicht von einerley Materie sind, gesetzt auch, daß sie von gleicher Größe wären. Denn ich habe vorhin aus Boerhave angeführt, daß 3 E. in Quecksilber drey Feuertheilchen nicht mehr Wärme geben, als zwey in Wasser, (§. 296.) und so mögen auch andere Materien andere Unterschiede geben. Aus beyden Gründen werde ich demnach setzen die Wärme, welche in dem innern Körper $= d y$ war, betrage im äußern so viel als $m d y$. Der Coefficient m muß in jedem Fall durch den Unterschied der Größe und der Materie beyder Körper bestimmt werden.

§. 299.

§. 299.

Aus dem äußern Körper geht nun auch von seiner Wärme ein Theil in die Luft. Es sey in dieser Absicht dessen Erhaltung: Subtangente = θ , so ist in dem Zeiteilchen dieser weggehende Theil = $z d\tau: \theta$. Demnach ist die Veränderung, so der äußere Körper in dem Zeiteilchen $d\tau$, in Absicht auf seine Wärme leydet, in allem

$$dz = -m dy - \frac{z d\tau}{\theta}$$

Und dieses ist die zweyte Gleichung.

§. 300.

Aus diesen beyden Gleichungen folgt nun, daß y und z die Summe oder Differenz der Ordinaten zweier logarithmischen Linien ist, die wir durch

$$y = A. e^{-\tau: a} + B. e^{-\tau: b}$$

$$z = C. e^{-\tau: a} + D. e^{-\tau: b}$$

vorstellen können, wo a , b die Subtangenten sind, und durch die beyden Wurzeln der Gleichung

$$a a - (\gamma + \theta + m\theta). a + \theta\gamma = 0$$

ausgedruckt werden, demnach

$$= \frac{\gamma + \theta + m\theta}{2} \pm \sqrt{[-\theta\gamma + \frac{1}{4}(\gamma + \theta + m\theta)^2]}$$

sind. Wenn ferner Y , Z die Wärme der Körper für $\tau = 0$ vorstellen, so findet sich

$$C = \frac{a - \gamma}{a}. A.$$

$$D = \frac{b - \gamma}{b}. B.$$

und

$$A = \frac{(\gamma - b) a Y + abZ}{(a - b) \gamma}$$

$$B = \frac{(a - \gamma) b Y - abZ}{(a - b) \gamma}$$

§. 301.

Ich habe in dem zweyten Bande von den *Actis helvet.*, welcher 1755. herausgekommen, denjenigen Fall besonders vorgenommen, und mit einem Versuche verglichen, wo der äußere Körper vielmal größer als der innere war. Ich stellte nemlich ein Thermometer in eine Schüssel voll warmen Wassers, die Schüssel selbst aber auf ein Gestelle von Drat. Denn wenn ich es unmittelbar auf den Tisch gestellt hätte, so würde der Tisch erwärmt worden seyn, und die Erkältung des Wassers würde einem ganz andern Gesetze gefolgt haben, als demjenigen, zu dessen Bewährung ich den Versuch anstellte. Der Erfolg gab auch, daß nur in den ersten Minuten einige Unterschiede von $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{2}$ Grad vorkamen, von da an aber der Unterschied der Erfahrung und Berechnung nie ein $\frac{1}{10}$ Grad betrug, sondern mehrentheils noch geringer war.

§. 302.

Von den zwoen logarithmischen Linien, deren Ordinaten zusammen addirt oder von einander abgezogen, die Grade y , z angeben, nähert sich die eine gewöhnlich, so schnell ihrer Asymptote. Daß nach Verfluß von einigen Minuten, die andere so viel als ganz allein bleibt. Ich habe mich auch an erst angezogenem Orte bereits schon des daher rührenden Vortheiles bedient, um die Formeln leichter auf den Versuch anzuwenden.

§. 303.

Es verdient ferner angemerkt zu werden, daß die anfänglichen Grade der Wärme Y , Z ein solches Verhältniß unter sich haben können, daß dieses Verhältniß während der Erkältung beständig eben dasselbe bleibt, und folglich durchaus $Y:Z = y:z$ ist. Die Erkältung, sowohl des innern als des äußern Körpers folgt sodann nach den Ordinaten einer einzigen logarithmischen Linie ganz eiförmig. Diesem Zustande nähert sich auch die Erkältung in den übrigen Fällen immer mehr.

§. 304.

Den 26sten Brachmonat 1772. stellte ich ein Quecksilberthermometer in ein cylindrisches Gefäßchen von dünnem Messing, welches auf Füßen von gleichem Bleche stand, und folglich den Tisch nicht unmittelbar berührte. Das Thermometer zeigte den 23sten Reaumur'schen Grad der Wärme und füllte $\frac{61}{103}$ Theile vom Raume des Gefäßchens aus. Ich goß sodann siedend Wasser darauf, bis das Gefäßchen ganz voll war, jedoch ohne im gerinsten zu verweilen. Sogleich beobachtete ich auch die Zeit und das Steigen des Thermometers, und fand

2 St. 5'. 30"	23,0	2 St. 9'. 0"	43,1	2 St. 13'. 0"	36,0
45	48,5	15	42,5	13. 30	34,7
6. 0	52,0	30	42,0	14. 0	34,7
15	50,5	45	41,6	15. 0	33,5
30	50,0	10. 0	41,1	16. 0	32,2
45	49,4	15	40,5	17. 0	31,6
7. 0	48,6	30	40,0	18. 0	30,8
15	47,9	45	39,6	19. 0	30,0
30	47,0	11. 0	39,1	20. 0	29,3
45	46,2	15	38,7	25. 0	26,7
8. 0	45,6	30	38,3	30. 0	25,0
15	44,9	45	37,9	35. 0	22,7
30	44,2	12. 0	37,4	49. 0	22,0
45	43,6	30	36,5	3. 45. 0	20,6

Das Quecksilber fiel hier zuletzt wirklich tiefer als die Luft im Zimmer warm war. Es scheint dieses aus gleichem Grunde, wie bey dem oben (§. 281.) erzählten Versuche von Benetzung der Thermometerkugel mit Wasser herzurühren. Ich habe nun den gegenwärtigen Versuch angestellt, um etwas näher zu sehen, was es mit dem Coefficienten m (§. 298.) für eine Bewandniß hat. Man sieht aus den Zahlen der Tafel, daß das Thermometer schon in der ersten halben Minute, das Maximum seiner Wärme erreicht hatte, und von da anfang sehr langsam zu erkälten. Dieses Maximum der Wärme des Thermometers war nun der in dem Wasser noch übrig gebliebenen Wärme gleich. Denn sonst würde das Quecksilber noch ferner gestiegen seyn oder bereits schon zu fallen angefangen haben. Nun war das Wasser Anfangs siedend, folglich dessen Wärme 80 Grad. Von diesen gehen etwa 2 Grade ab, weil während der ersten halben Minute etwa so viel in die Luft aus dem Wasser übergiengen. Hätte das Wasser diese zweyen Grade behalten, so würde auch die größte Wärme des Thermometers um so viel größer gewesen seyn. Wir können sie demnach auf 54 Gr. setzen. Das Thermometer ist demnach $54 - 23 = 31$ Gr. gestiegen. Und eben so viele Grade hatte das Wasser noch übrig, da es Anfangs $80 - 23 = 57$ Grad hatte. Man sehe, daß in gleichem Raume Wassers und Quecksilbers zu 1 Grad Wärme w und q Feuertheilchen erfordert werden. Da nun der Raum des Wassers sich zu dem vom Quecksilber, wie 42 zu 61 verhielt, so waren Anfangs im Wasser $42.57 w$ Feuertheilchen: Und diese vertheilten sich zur Zeit der größten Erwärmung des Thermometers so, daß im Wasser $42.31. w$ blieben, und $61.31. q$ in das Thermometer hinüber gezogen waren. Demnach haben wir

$$42.57. w = 42.31. w + 61.31. q$$

Hieraus folgt

$$26.42. w = 31.61. q$$

oder

$$4 w = 7 q$$

$$w : q = 7 : 4$$

Das will also sagen, daß 4 Feuertheilchen im Quecksilber eben so viel Wärme geben als 7 Feuertheilchen im Wasser, wenn nemlich Wasser und Quecksilber gleiches Maaß haben.

§. 305.

Im Heymonat 1765 stellte ich ein Quecksilberthermometer, so 30 Grad Wärme hatte, in Wasser, welches 18 Grad Wärme hatte. Es fiel in demselben sehr schnell, bis auf den 21sten Grad, und von da an, sehr langsam. Das Quecksilber hatte demnach dem Wasser $30 - 21 = 9$ Grad Wärme mitgetheilt, und nur $21 - 18 = 3$ behalten. Und doch hatte es nun mit dem Wasser gleiche Wärme, nemlich eben diese 3 Grade. Nun war der Raum des Quecksilbers zu dem vom Wasser, wie 35 zu 59. Hier war demnach

$$(30 - 18). 35. q = 3. 59. w + 3. 35. q$$

$$105 q = 59 w$$

welches

$$w : q = 105 : 59$$

oder beynahe wiederum = 7 : 4 giebt.

§. 306.

Den 31sten Jenner 1766. stellte ich ein Weingeistthermometer, welches 30 Grad Wärme hatte in Quecksilber von 15 Grad Wärme, welches ich in einem Cylinder von dünnem Chartenpapier hatte, der den Tisch nicht berührte. Der Weingeist fiel sehr schnell bis zum 23sten Grad, von da an aber sehr langsam. Der Raum des Weingeistes war zu dem vom Quecksilber, wie 143 zu 202. Wenn demnach für den Weingeist v vorstellt, was in Ansehung des Wassers w war, so haben wir hier

$$(30 - 15). 143 v = (23 - 15). (143 v + 202. q)$$

folglich

$$1001. v = 1616. q$$

oder beynahe

$$v : q = 21 : 13.$$

§. 307.

Den 28sten August 1767. stellte ich ein Weingeistthermometer, welches 29,3 Grad Wärme hatte, in Wasser von 17 Grad Wärme. Es fiel in dem-

selben sehr schnell, bis zum 20,5 Grad, von da an aber sehr langsam. Der Raum des Weingeistes war zu dem vom Wasser, wie 285 zu 581. Demnach haben wir

$(29,3 - 17) \cdot 286 v = (20,5 - 17) \cdot (286 v + 867 \cdot w)$
folglich sehr nahe

$$v : w = 4 : 5.$$

§. 308.

Aus diesen Versuchen folgt nun überhaupt, und nach Abgleichung der bey solchen Versuchen nicht wohl zu vermeidenden kleinen Fehler, daß 4 Feuertheilchen im Quecksilber, 6 im Weingeiste, und 7 im Wasser gleiche Wärme hervorbringen, wenn nemlich von diesen Materien ein gleiches Maas genommen wird. Die Verhältniß 4:7 ist von 2:3, welche Boerhave angiebt, (§. 296.) wenig verschieden. Boerhave giebt übrigens die Sache nur überhaupt an, um zu zeigen, daß man diesen geringen Unterschied nicht erwartet hätte. In der That sagt auch *DESAGULIERS*, daß bey gleicher Wärme im Quecksilber so viele Feuertheilchen seyn als in $13\frac{1}{2}$ mal mehr Wasser. Das Quecksilber ist so vielmal schwerer oder dichter. Und damit glaubt *DESAGULIERS*, die Dichtigkeit der Feuertheilchen nehme mit der Dichtigkeit der Körper zu. Das folgt nun eben nicht. Man könnte ganz im Gegentheil schließen, daß, weil ein dichter Körper mit seiner eigenen Materie den Raum mehr ausfüllet, er den Feuertheilchen eben dadurch weniger Raum übrig laßt. Es folgt aber auch dieses nicht, weil es gar nicht ausgemacht ist, daß aller Raum, den die eigenthümliche Materie eines Körpers nicht ausfüllt, von Feuertheilchen ausgefüllt sey. *DESAGULIERS* führet übrigens sein Vorgeben als einen Versuch an, den er vor der *R. Societät* zu London angestellt habe. Er goß eine Pinte Quecksilber, das die Wärme des Siedepuncts hatte, in $13\frac{1}{2}$ Pinten kalt Wasser, und zugleich goß er eine Pinte siedend Wasser in eine Pinte kalt Wasser. In beyde stellte er Thermometer, und diese zeigten nach Verlauf von einer halben Minute einerley Grad. Nun hält eine Pinte ungefähr 29 Pariser Cubic: Zoll, folglich $13\frac{1}{2}$ Pinte $391\frac{1}{2}$ Cubic: Zoll. Und die Wärme des Quecksilbers soll sich in einer halben Minute schon ganz durch diese $391\frac{1}{2}$ Cubic: Zolle Wassers verbreitet, auch das Thermometer schon ganz die Wärme angenommen haben. Das ist nicht wohl zu glauben. In meinen vorhin angeführten Versuchen hatte das Gefäßchen nie einen ganzen Cubic: Zoll Raum, und doch brauchte es eine halbe Minute Zeit, bis die Wärme gleich vertheilt war. In dem in den *Actis helvet.* beschriebenen Versuche, wo ich ein Thermometer in eine Schüssel voll warmen Wassers stellte, vergiengen 7 ganzer Minuten, ehe das Thermometer sein Maximum erreichte, das will sagen, mit dem erkältenden Wasser gleiche Wärme hatte. Vermuthlich

war beim *DESAGULIERS* die Kugel des Thermometers nahe beim Quecksilber. Denn so konnte sie erwärmt werden, ehe die Wärme sich durch den ganzen Raum des Wassers verbreitete, und dadurch in jedem Theile schwächer wurde. *P. Serbert* hat gefunden, daß im Quecksilber und Baumöl gleich viel Feuertheilchen gleiche Wärme geben.

§. 309.

In dem ersten der hier angeführten Versuche, (§. 304.) verursachte die sehr kurze Zeit von 30 Secunden, in welchen das Thermometer sein Maximum erreichte, gleich Anfangs eine kleine Unrichtigkeit, die in der Bewegung der Wärme aus dem Wasser in das Thermometer, und aus diesem wieder zurück, eine Oscillation anzeigt. Man kann dieses deutlich sehen, wenn man die Zeiten als Abscissen, und die Grade des Thermometers, auch nur über dem 48sten, als Ordinaten construirt. Es ist aber diese Oscillation auch schon in den Zahlen selbst sichtbar. Das Thermometer stieg bis zum 52sten Grade. Von da an sollte es Anfangs langsam, dann etwas schneller, und dann nach und nach immer langsamer fallen. Es fiel aber von 52 auf $50\frac{1}{2}$, folglich $1\frac{1}{2}$ Grad in den nächsten 15 Secunden. In den nächstfolgenden fiel es nur $\frac{1}{2}$ Grad, und dann 0, 6; 2, 8 etc. Dieses zeigt, daß die Wärme mit solchem Nachdruck in die Kugel des Thermometers drang, daß die Feuertheilchen eine Geschwindigkeit erhielten, mit welcher sie den ganzen Diameter der Kugel durchliefen, anstatt, daß sie sich in der Mitte hätten aufhäufen sollen, woben die Kugel langsamer, zugleich aber auch einförmiger würde erkältet worden seyn. Dieser Umstand macht nun, daß die vorhergegebenen Formeln, wenn man sie auf den Versuch anwendet, nicht ganz genau mit demselben übereinstimmen, weil die Formeln eine einförmige Erkältung voraussetzen.

§. 310.

Eine ähnliche Abweichung aber in einem ganz entgegengesetzten Verstande, fand ich den 29sten Jun. 1772. Ich stellte ein Quecksilberthermometer in ein Gefäßchen mit Wasser. Ersteres hatte 73, letzteres 23 Grad Wärme. Das Thermometer fiel folgender maassen.

Zeit.	Thermom.	Unterschied.
5 St. 6'. 10"	73, 0	
7. 0	35, 0	
39	34, 0	1, 0
8. 0	33, 5	0, 5
30	32, 9	0, 6
9. 0	32, 3	0, 6
30	31, 5	0, 8
10. 0	30, 8	0, 7
11. 0	29, 9	
12. 0	29, 0	
20. 0	24, 0	

Nachdem also das Thermometer Anfangs sehr schnell gefallen war, fiel es sodann sehr langsam, und gleich darauf wiederum etwas schneller, nachgehend fuhr es fort sehr einformig und ohne merkliche Oscillationen zu fallen. Hier drangen demnach Anfangs die Feuertheilchen mit Macht aus dem Thermometer in das Wasser, fuhren durch dasselbe mit einer merklichen Geschwindigkeit, wurden aber von dem Gefäßchen und der Oberfläche des Wassers wiederum zum Theil gegen die Kugel zurück reflectirt, drangen zum Theil wiederum in dieselbe, und verursachten dadurch, daß die Kugel langsamer erkältete. Es ist auch vermuthlich, daß schon in der ersten Minute solche Oscillationen vorgegangen sind, die aber wegen des schnellen Fallens nicht bemerkt werden konnten. Endlich vertheilten sie sich doch so, daß die fernere Erkältung einformiger wurde. Wenn man die Zeiten als Abscissen und die Grade des Thermometers über dem 23sten als Ordinaten zeichnet, so fällt diese Oscillation deutlich in die Augen.

§. 311.

Ich habe oben (§. 263.) bereits angezeigt, daß ich bey Quecksilberthermometern die Erkältungs-Subtangente um etwa $\frac{2}{3}$ kürzer gefunden als die von Weingeistthermometern, deren Kugeln gleiche Größe haben. Die bisher (§. 304. 308.) angeführten Versuche mögen nun zur Erklärung dienen. Zu diesem Ende bemerke ich, daß, wenn beyde Thermometer in der Luft erkälten, die Feuertheilchen nicht unmittelbar aus dem Weingeiste und dem Quecksilber in die Luft gehen. Sie müssen vorerst durch das Glas der Kugel sich den Weg bahnen. Darbey hat nun der Uebergang aus dem Quecksilber und Weingeist in das Glas 8 bis 10mal weniger Schwierigkeit als aus dem Glase in die Luft (§. 263. 266.) Dieses macht, daß das Glas die Wärme des Quecksilbers und des Weingeistes, wo

nicht vollkommen, doch bis auf einen sehr geringen Unterschied hat. Ist demnach das Quecksilber und der Weingeist in beyden Thermometern gleich warm, so hat auch das Glas gleiche Wärme. Da ich nun beyde Kugeln von gleicher Größe setze, so haben sie auch gleiche Oberflächen. Demnach geht aus diesen in dem ersten Zeittheilchen $d\tau$ gleich viel Wärme in die Luft. Das will also sagen, aus beyden Gläsern gehen gleich viel Feuertheilchen in die Luft. Und, um sie zu ersetzen, müssen auch aus dem Quecksilber und dem Weingeiste wiederum gleich viel Feuertheilchen in das Glas gehen. Bey dem Verluste von gleich viel Feuertheilchen, verliert aber das Quecksilber mehr Wärme, weil 4 Feuertheilchen im Quecksilber eben so viel Wärme geben als 6 Feuertheilchen im Weingeiste (§. 308.) Es sey nun y die Wärme des Quecksilbers und $\eta = y$ die Wärme des Weingeistes. Ferner seyen γ, θ die Erkältungs-Subtangente, so ist für das erste Zeittheilchen $d\tau$, (§. 258.)

$$\begin{aligned} dy: y &= d\tau: \gamma \\ d\eta: \eta &= d\tau: \theta \end{aligned}$$

Da nun Anfangs $\eta = y$ ist, so haben wir

$$dy: \gamma = d\eta: \theta.$$

Nun aber rührt die Verminderung der Wärme dy , $d\eta$ von dem Abgang gleich vieler Feuertheilchen her. Demnach ist

$$\begin{aligned} dy: d\eta &= 6: 4 \\ dy &= \frac{3}{2} d\eta \end{aligned}$$

Dieses giebt

$$\frac{3}{2} \gamma = \theta.$$

Die Erkältungs-Subtangente des Quecksilberthermometers ist demnach zu der von einem gleich großen Weingeistthermometer, wie 2 zu 3, also um $\frac{1}{3}$ kleiner. Dieses folgt demnach aus §. 308, wo ich die Versuche gegeneinander abgeglichen. Aus §. 306. als dem Versuche selbst folgt $\gamma: \theta = 13: 21$, welches der oben (§. 263.) erwähnten Verhältniß 3: 5 näher kömmt, wiewohl übrigens auch diese nur überhaupt angegeben ist. Denn Weingeist und Quecksilber sind eben auch nicht immer von gleicher Güte. Wir sehen demnach hieraus, daß der Unterschied der Subtangente schlechtthin nur daher rühret, daß gleich viel Feuertheilchen im gleichem Raume von verschiedenen Materien nicht gleich viel Wärme verursachen, und daß diese Materien, als in Glas oder überhaupt in einerley Art Gefäße eingeschlossen, betrachtet werden. Martine hat übrigens um die verschiedene Geschwindigkeit des Erwärmens und Erkältens, das will sagen, den Unterschied der Subtangente zu zeigen, die Materien in offene Gefäße gegossen, so daß wenigstens ihre Oberflächen der Luft unmittelbar ausgesetzt waren. Der größte Theil des Umfanges war aber dennoch von den Gefäßen umschlossen. Und so

so kann aus seinen Versuchen nicht bestimmt werden, wie die Subtangenten sich ändern, wenn die Materie ihrem ganzen Umfange nach von der Luft berührt wird.

§. 312.

Die bisherige Betrachtungen betreffen solche Körper, wo einer den andern ganz umgiebt. (§. 297.) Berühren sie sich aber nur auf einer Seite, so sind beyde Körper zugleich der Luft ausgesetzt, und so kommen drey Erkältungs: Subtangenten in Erwägung. Da bey allen diesen Rechnungen nur der Ueberschuß der Wärme in die Rechnung kommt, so werde ich, Kürze halber, die Wärme der Luft = 0 setzen, und die Körper nur so fern warm nennen, als sie wärmer denn die Luft sind. Zu einer beliebigen Zeit τ sey demnach y die Wärme des wärmeren von beyden Körpern, und z die Wärme des andern. Aus jenem geht nun in dem Zeittheilchen $d\tau$ auf zweyerley Art Wärme weg. Erstlich in die Luft der Theil $y \cdot d\tau : \gamma$ und in den andern Körper der Theil $(y - z) \cdot d\tau : \theta$. Hier sind γ, θ die zugehörige Erkältungs: Subtangenten. Wir haben demnach die erste Gleichung

$$-dy = \frac{y \cdot d\tau}{\gamma} + \frac{y - z}{\theta} \cdot d\tau.$$

derjenige Theil, welcher in den andern Körper übergeht, verändert seinen Werth in

$$\frac{y - z}{\theta} \cdot m \cdot d\tau$$

aus den oben (§. 298.) angeführten Gründen. Da nun dieser Körper ebenfalls der Luft ausgesetzt ist, so verliert er in dem Zeittheilchen $d\tau$ einen Theil seiner Wärme $z \cdot d\tau : \vartheta$, wo ich durch ϑ die zugehörige Erkältungs: Subtangente verstehe. Wir haben demnach die zweyte Gleichung

$$dz = \frac{y - z}{\theta} \cdot m \cdot d\tau - \frac{z \cdot d\tau}{\vartheta}.$$

§. 313.

Aus diesen beyden Gleichungen werden nun ebenfalls, wie oben (§. 300.) zwey Integral: Gleichungen von der Form

$$y = A \cdot e^{-\tau : a} + B \cdot e^{-\tau : b}$$

$$z = C \cdot e^{-\tau : a} + D \cdot e^{-\tau : b}$$

hergeleitet, so daß die Erkältung oder Erwärmung eines jeden Körpers nach der Summe oder Differenz der Ordinaten zweier logarithmischen Linien geschieht. Die Subtangenten a , b sind die Wurzeln der Quadratische Gleichung

$$0 = a^2 + \frac{m \gamma \delta + \gamma \delta + \gamma \theta + \delta \theta}{\gamma + \theta + \delta m} a - \frac{\gamma \theta \delta}{\gamma + \theta + \delta m}$$

Man hat sodann ferner

$$\frac{C}{A} = 1 + \frac{\theta}{\gamma} - \frac{\theta}{a}$$

$$\frac{D}{B} = 1 + \frac{\theta}{\gamma} - \frac{\theta}{b}$$

Und wenn Y, Z die anfängliche Wärme oder den Werth von y, z , für $\tau = 0$ vorstellt, so hat man noch die zwei Gleichungen

$$Y = A + B$$

$$Z = C + D$$

so daß hiedurch auch die Anfangs-Ordinaten A, B, C, D bestimmt sind. Diese Formeln begreifen die oben (§. 300.) gegebenen unter sich, so daß man sie daraus herleitet, wenn man γ als unendlich ansieht, und dann γ, θ nennt, was ich hier θ, δ geneunt habe.

§. 314.

Die hier gebrauchten Subtangenten γ, θ, δ , sind nun, überhaupt betrachtet, in gerader Verhältniß des Raumes der Körper, auf deren Erkältung sie sich beziehen, und in umgekehrter Verhältniß desjenigen Theiles ihrer Oberfläche, durch welchen die Feuertheilchen weggehen. Diese Verhältnisse haben indessen nur so fern statt als die Körper klein und regulär genug sind, daß sich die Wärme, die sie erhalten, ohne merklichen Zeitverlust, gleichförmig durch dieselben vertheilet, und die Anfangs vorkommende Oscillation (§. 309. 310) als eine ohnehin geringe Ungleichförmigkeit nicht in Betrachtung gezogen wird.

Dritter Abschnitt.

Erwärmung und Erkältung mehrer Körper unter sich.

§. 315.

Unter den eben angeführten Bedingungen (§. 314.) kann nun auch überhaupt ein ganzes System von Körpern betrachtet werden, die einander ganz oder zum Theil berühren, und wo die Wärme aus dem wärmern in die anliegende kältere, und so fern sie die Luft berühren, in die Luft weggeht. Die Anwendung der Rechnung auf diesen allgemeinsten Fall hat keine Schwierigkeit. Für jeden Körper, so fern er wärmer ist als die anliegende, müssen so viele Subtangente gebraucht werden, als er anliegende kältere Körper um sich hat, die Luft mit gerechnet, wenn er auch diese berührt. Und da die Wärme, die in die anliegenden kältern Körper übergeht, ihren Werth ändert, (§. 298.) so werden diese geänderte Werthe, mittelst eben so vieler Coefficienten $m, m', \text{ic.}$ angedeutet. Zieht man nun für ein beliebiges Zeittheilchen $d\tau$ die Summe der wegfließenden von der Summe der einfließenden Wärme, in Ansehung eines jeden Körpers ab, so erhält man das Differential seiner Wärme, und damit eben so viele Differentialgleichungen als Körper sind.

§. 316.

Diese Differentialgleichungen haben nun, aufs allgemeinste genommen, folgende Form:

$$\begin{aligned} dx &= (ax + by + cz + \&c). d\tau. \\ dy &= (ex + fy + gz + \&c). d\tau. \\ dz &= (hx + iy + kz + \&c). d\tau. \\ &\&c. \end{aligned}$$

wo $x, y, z \&c.$ die Wärme eines jeden Körpers zur Zeit τ vorstellt, und $a, b, c \&c.$ Coefficienten sind, welche durch die Erkältungs-Subtangente $\gamma, \theta, \vartheta \&c.$ und die Coefficienten $m, m', m'' \&c.$ bestimmt werden. Diese Differentialgleichungen sind nicht immer so vollständig. Denn wenn z. B. der Körper x den Körper z nicht unmittelbar berührt, so wird $c = h = 0$. Also fallen oft mehrere Glieder weg. Wenn man aber die Gesetze der Erwärmung und Erkältung des Systems vollständig will kennen lernen, so thut man besser, wenn man alle Glieder beybehält.

§. 317.

Die Integral-Gleichungen haben nun in eben der Allgemeinheit folgende Form:

$$x = A. e^{-\tau: \alpha} + B. e^{-\tau: \beta} + C. e^{-\tau: \gamma} + \&c.$$

$$y = A'. e^{-\tau: \alpha} + B'. e^{-\tau: \beta} + C'. e^{-\tau: \gamma} + \&c.$$

$$z = A''. e^{-\tau: \alpha} + B''. e^{-\tau: \beta} + C''. e^{-\tau: \gamma} + \&c.$$

so, daß zu jeder Zeit τ die Wärme in jedem Körper, die Summe oder Differenz der Ordinaten von eben so vielen logarithmischen Linien ist, als Körper sind, und diese Linien für alle Körper einerley Subtangenten α, β, γ &c. haben, und demnach nur in Ansehung der Anfangs-Ordinaten $A, A', A'', \&c, B, B', B'', \&c, C, C', C'', \&c$, verschieden sind. Dieses ist demnach das allgemeinste Gesetz von der Erwärmung und Erkältung eines Systems von Körpern unter sich, bey den vorhin (§. 314.) erwähnten Bedingungen.

§. 318.

Es sind nun hiebei gewöhnlich die Subtangenten α, β, γ &c. sehr ungleich, und dieses macht, daß endlich von allen den logarithmischen Linien nur noch diejenige beträchtlich bleibt, welche die größte Subtangente hat. Da nun die Wärme sich überhaupt 8, 10 und mehrmal leichter aus einem dichten Körper in einen andern zieht, als in die Luft, (§. 263. 266.) so vertheilt sich auch die Wärme in den Körpern in kurzer Zeit so, daß zuletzt das ganze System überhaupt, und jeder Körper besonders nach den Ordinaten derjenigen logarithmischen Linie erkaltet, welche die größte Subtangente hat. Diese ist demnach die Asymptote, welcher sich die Wärme des ganzen Systems und aller einzeln Körper desselben immer mehr nähert. Da nun die logarithmische Erkältung, die einförmigste ist, so kann man auch sagen, daß jeder Körper des Systems sich in Absicht auf die Wärme demjenigen Zustande nähert, in welchem er sodann am einförmigsten erkälten kann. Der Anfangs kältere Körper wird von den anliegenden wärmern oft so erwärmt, daß er zuletzt wärmer als diese ist. Und dieses geschieht nothwendig, wenn er mitten im System ist, und von den wärmern Körpern ganz umschlossen ist.

§. 319.

Es ist nun hiebei nicht nothwendig, daß die Körper von verschiedener Materie seyn. Sie können von ein- und eben demselben Stoff seyn. Und selbst

ein einzelner durchaus gleichartiger Körper, kann und muß als ein System betrachtet werden, so oft seine Figur sehr irregulär, zackicht, in die Länge gedehnt, ungleich dicke &c. ist. Selbst einen sphärischen Körper muß man sich als in mehrere Schalen getheilt, vorstellen, wenn man der anfänglichen Ungleichförmigkeit seiner Erkältung Rechnung tragen will.

§. 320.

Man sieht nun ferner hieraus, daß was ich im vorhergehenden die Erkältungs-Subtangente eines Körpers genennet habe, (§. 259.) eigentlich die von derjenigen logarithmischen Linie ist, welche ich vorhin (§. 318.) die Asymptote nennete. Und so betrachtet, läßt sich auch für ein ganzes System von Körpern eine Erkältungs-Subtangente gedenken. Sie ist es auch im strengsten Verstande, und durchaus, wenn das System gleich Anfangs in allen seinen Theilen diejenigen Grade von Wärme hat, daß die Wärme in jedem Theile, zu jeder Zeit τ der anfänglichen Wärme proportional bleibt, folglich $x: X = y: Y = \&c.$ ist. In andern Fällen vergeht mehr oder minder Zeit, ehe die Erkältung anfängt merklich einförmig (§. 318.) zu werden.

§. 321.

Um nun aber von dieser zur einförmigen Erkältung erforderlichen Vertheilung der Wärme einigen Begriff zu geben, werde ich, statt eines Systems von Körpern, einen einzeln durchaus gleichartigen und sphärischen Körper setzen, und denselben als in concentrische und gleich dicke Schalen vertheilet ansehen. Die Wärme von innen heraus gerechnet, sey $y, y', y'', y''', y'''' \&c.$ Die Subtangente der innersten Kugel sey $= 7$. Da nun die übrigen in gerader Verhältniß des Raumes der Schalen und umgekehrter Verhältniß der Oberflächen sind, so sind ihre Werthe

$$7. \frac{8 - 1}{4} = \frac{7}{4} \cdot 7$$

$$7. \frac{27 - 8}{9} = \frac{19}{9} \cdot 7$$

$$7. \frac{64 - 27}{16} = \frac{37}{16} \cdot 7$$

$$7. \frac{125 - 64}{25} = \frac{61}{25} \cdot 7$$

&c.

Die Wärme, so aus jeder Schaafe in die nächst darum liegende übergeht, ändert ihren Werth in umgekehrter Verhältniß der Räume, folglich wie $\frac{1}{7}, \frac{7}{19}, \frac{19}{37}, \frac{37}{61}$ &c. Wir erhalten demnach folgende Gleichungen:

$$\begin{aligned} -d y &= -(y - y') d \tau : 7 \\ -d y' &= +\frac{1}{7}(y - y') d \tau : 7 - \frac{4}{19}(y' - y'') d \tau : 7 \\ -d y'' &= +\frac{1}{19} \frac{4}{7}(y' - y'') d \tau : 7 - \frac{9}{37}(y'' - y''') d \tau : 7 \\ &\text{\&c. bis} \end{aligned}$$

$$-d y^n = \frac{n^3 - (n-1)^3}{(n+1)^3 - n^3} \cdot \frac{n^2}{n^3 - (n-1)^3} \cdot \left(y^{n-1} - y^n \right) d \tau : 7 - y^n d \tau : \theta.$$

Die letzte Subtangente wird θ gesetzt, weil die Wärme aus der äußersten Schaafe in die Luft geht, deren Wärme = 0 gesetzt wird, weil y, y', y'' &c. nur den Ueberschuß vorstellen.

§. 322.

Nun erfordert die Einförmigkeit der Erkältung, daß durchaus $d y : y = d y' : y' = d y'' : y'' = \text{\&c.}$ gemacht werden. Setzen wir demnach $d y : \tau = m y$, so erhalten wir folgende Gleichungen:

$$\begin{aligned} m \tau y &= * + y - y' \\ 7 m \tau y' &= -y + 5y' - 4y'' \\ 19 m \tau y'' &= -4y' + 13y'' - 9y''' \\ 37 m \tau y''' &= -9y'' + 25y''' - 16y'''' \\ &\text{\&c.} \end{aligned}$$

$$[(n+1)^3 - n^3] m \tau y^n = -n^2 y^{n-1} + \left[(n-1)^3 \frac{7}{\theta} - \frac{n^3 7}{\theta} + n^2 \right] y^n - *$$

Da nun hiebey m, τ, θ von der Dicke der Schaafe abhängen, und in so fern nach Belieben bestimmt werden können, so habe ich $m \tau = \frac{2}{3}$ gesetzt, weil dieses die Grenze ist, welcher die Verhältnisse sich immer mehr nähern, ohne daß es nöthig sey, auf die Anzahl der Schaalen Rücksicht zu nehmen. Dadurch erhielt ich

$$\begin{aligned} y' &= * + \frac{1}{3} y \\ 4 y'' &= y - \frac{1}{3} y' \\ 9 y''' &= 4 y' - \frac{1}{3} y'' \\ 16 y'''' &= 9 y'' - \frac{1}{3} y''' \\ 25 y^v &= 16 y''' - \frac{1}{3} y'''' \\ &\text{\&c.} \end{aligned}$$

oder

$$y' = 0,33333. y$$

$$y'' = 0,22222. y$$

$$y''' = 0,13992. y$$

$$y'''' = 0,12208. y$$

$$y^v = 0,08792. y$$

$$y^{vi} = 0,08397. y$$

$$y^{vii} = 0,06402. y$$

&c.

Dieses zeigt demnach, überhaupt betrachtet, wie die Wärme von innen nach außen zu geringer seyn muß, wenn der sphärische Körper vom Anfange an einformig erkälten soll. Es wird also hiedurch näher aufgeklärt, was ich oben (§. 256. 257.) schon Voraus erinnert habe. Man sieht auch leicht, daß bey Körper, die eine weniger reguläre Figur haben, die Vertheilung der Wärme, so wie sie zur einformigen Erkältung erfordert wird, anders ausfällt.

§. 323.

Diese genauere Erklärung dessen, was eigentlich die Erkältungs-Substanzente ist, giebt nun ebenfalls zu erkennen, daß die in den vorgehenden Rechnungen durch x , y , z &c. angedeutete Wärme der Körper, entweder die mittlere Wärme oder die Wärme eines ihrer Theile vorstellt. Ist z. E. der Körper die Kugel eines Thermometers, so deuten seine Grade die Summe der Ausdehnungen aller einzeln Theile an, so ungleich auch immer die Wärme in der flüssigen Materie, mit welcher die Kugel angefüllt ist, vertheilt seyn mag. Ist hingegen der Körper ein Gefäß voll Wasser, und man stellt, um dessen Erkältung zu beobachten, ein Thermometer hinein, so wird allerdings das Thermometer nur den Grad der Wärme zeigen, welchen das Wasser zunächst an der Kugel hat. An andern Stellen kann das Wasser eine sehr verschiedene Wärme haben. Man begreift auch, daß das Wasser unbewegt bleiben muß, wenn es sich dem Zustande der einformigen Erkältung am ordentlichsten und geschwindesten nähern soll.

Vierter Abschnitt.

Erwärmung mehrerer Körper am Feuer und unter sich.

§. 324.

Der Fall, den ich hier ebenfalls aufs allgemeinste betrachten werde, ist von dem im vorhergehenden Hauptstücke betrachteten, nur darinn verschieden, daß man setzt, ein jeder Körper des Systems erhalte von dem Feuer in jedem Zeittheilchen $d\tau$ einen Grad von Wärme, den wir durch $m d\tau$, $m' d\tau$ &c. ausdrücken können. Ist hiebey ein oder der andere Körper dem Feuer nicht unmittelbar ausgesetzt, so wird der Coefficient m , m' , m'' &c. für denselben $= 0$. Die oben (§. 316.) gegebene Differential-Gleichungen verwandeln sich demnach in folgende:

$$\begin{aligned} dx &= (m + a x + b y + c z + \&c.) d\tau \\ dy &= (m' + e x + f y + g z + \&c.) d\tau \\ dz &= (m'' + h x + i y + k z + \&c.) d\tau \end{aligned}$$

§. 325.

So lange nun die Kraft des Feuers gleich bleibt, sind auch die Werthe von m , m' , m'' &c. beständig. Und da darf man nur

$$\begin{aligned} m + a x &= a \xi \\ m' + f y &= f \upsilon \\ m'' + k z &= k \zeta \\ &\&c. \end{aligned}$$

setzen, um diese Gleichungen in solche zu verwandeln, die den obigen (§. 316.) durchaus ähnlich sind, und woraus auch ganz ähnliche Integral-Gleichungen gezogen werden. Ist hingegen die Kraft des Feuers veränderlich, so lassen sich m , m' , m'' &c. als Functionen von τ ansehen, und dann geht das Integriren so ganz unbedingt nicht immer von statten.

§. 326.

Der einfachste Fall ist, wenn ein langer und durchaus gleich dicker Körper, z. E. eine eiserne Stange mit dem einen Ende an das Feuer angelegt wird, so daß sie gerade gegen das Feuer gerichtet sey, und nur auf Füßen von dünnem Draht liege. Diese Stange wird also nur an dem einen Ende erhitzt. Die Hitze dringt aber nach und nach auch in die entferntere Theile, geht aber auch aus jedem Theile endlich in die Luft weg. Wenn nun das Feuer lange genug mit gleicher Stärke brennt und unterhalten wird, so erhält jeder Theil der Stange endlich einen bestimmten Grad von Wärme, weil er immer wieder so viel Wärme von den näher beim Feuer liegenden Theilen erhält, als er den entferntern und der Luft mittheilt. Diesen Beharrungsstand werde ich nun eigentlich betrachten.

§. 327.

§. 327.

Die Stange sey CB , der Theil CA liege im Feuer, AD sey die Wärme 6. Figur. in A , und PM, pm , die in P, p . Ich setze nun

$$\begin{array}{l} AP = x \quad PM = y. \\ Pp = dx \quad Mn = dy. \end{array}$$

Da die Wärme sich in einem fort von A gegen B zieht, und in $P = y$, in $p = y - dy$ ist, so geht währendem Durchgange von P nach p der Theil dy in die Luft, und dieser ist in Verhältniß der Wärme y . Es sey demnach die Subtangente $PT = 7$, so ist

$$dy : y = dx : 7$$

Da nun das Verhältniß $dy : y$ beständig ist, und dx ebenfalls als beständig angesehen werden kann, so ist auch 7 beständig, demnach DME eine logarithmische Linie.

§. 328.

Hier kann nun der Beschluß der oben (§. 107 — 109. 252. 253.) angefangenen Erzählung dessen folgen, was Amontons an Newtons Stufenleiter verschiedener Grade von Wärme auszuweisen fand. Newton hatte sehr hohe Grade von Hitze angegeben. (§. 105. 264.) Da nun Amontons Luftthermometer nur für solche Grade eingerichtet war, die geringer waren als der Grad des siedenden Wassers, so sann er auf andere Versuche, um Newtons Stufenleiter zu prüfen, oder auch fehlerhaft zu finden. Amontons stellte demnach eine dicke eiserne Stange ziemlich gerade aufgerichtet in ein starkes Kohlfeuer. Als das im Feuer stehende Ende glühend war, legte er die Stange horizontal auf dünne Gestelle, ohne jedoch das glühende Ende aus dem Feuer zu nehmen. Das Feuer wurde noch ferner bey gleicher Stärke erhalten. Nun suchte Amontons die Stellen an der Stange, wo sie gerade die Hitze hatte, welche nöthig war, um z. E. Wachs, Zinn, Bley zc. zu schmelzen, Wassertropfen zum Sieden zu bringen zc. Die niedrigere Grade hatte er bereits, mittelst seines Luftthermometers bestimmt, und diese legte er nun zum Grunde, um mittelst der Stange auch die größern zu bestimmen. Zu diesem Ende setzte er voraus, daß die Wärme des Eisens in arithmetischer Progression abnimmt, das will also sagen, daß die Linie DME eine gerade Linie sey. Auf diese Art fand nun Amontons für schmelzend Zinn, Bley zc. glühend Eisen zc. solche Grade, die von den Newtonschen, wenn sie auf einerley Maasstab gebracht werden, um sehr viel verschieden sind.

§. 329.

Ungeachtet nun der Umstand, daß Amontons eiserne Stange Anfangs im Feuer aufgerichtet gehalten, und erst nachdem das Ende CA glühete, horizontal gelegt wurde, seinen Versuch weniger einfach machet, als er seyn würde, wenn

Aa

die Stange gleich Anfangs wäre gelegt worden, so mag doch der daher rührende Umstand nicht sehr viel auf sich haben. Denn auch in der stehenden Stange konnte die Wärme von A nach B logarithmisch abnehmen, aber merklich weniger als wenn sie horizontal liegt, weil die Wärme sich gern aufwärts zieht. Indessen gieng immer so viel Zeit vorbey, daß die mehrere Hitze, nachdem die Stange gelegt worden, in die Luft weggehen konnte. Und so konnte die Anfangs längere Subtangente die Kürze erhalten, die der liegenden Stange angemessen ist, ehe die übrige Vorbereitung zu den Versuchen gemacht war. Amontons hat nur die Distanzen A P angegeben, die er für die vorerwähnte Grade der Hitze gefunden. Seine Voraussetzung als wäre D M E eine gerade Linie, gab ihm solche Grade an, die mit den von Newton angegebenen gar nicht übereinstimmten. Es blieb mir also zu sehen, ob Newtons Grade mit der eigentlich logarithmischen Linie D M E mehr übereinstimmen würden.

S. 330.

Ich zeichnete demnach Amontons Distanzen als Abscissen, und Newtons Grade als Ordinaten, und fand, indem ich durch die Endpuncte der Ordinaten eine krumme Linie zog, daß diese Linie sehr logarithmisch aussah, und nur bey den Graden von schmelzendem Zinn und schmelzender Butter eine etwas merkliche Abweichung statt fand. Ich drückte die Distanzen, welche Amontons in Pariser Zollen und Linien angegeben hatte, in Linien aus, und nahm Newtons Grade oder in deren Ermangelung anderweit bekannte Grade nach der Fahrenheitischen Stufenleiter aus der im 105ten und 264sten S. gegebenen Tafel. Ich legte die Grade des schmelzenden Bleyes und schmelzenden Wachses zum Grunde, und fand die Formel

$$y = 97 + 1065. e^{-x: 116,3}$$

so daß die Subtangente P T = 116,3 Linien ist, und 97 den Grad der Luftwärme vorstellt. Dadurch erhielt ich folgende Tafel:

x Linien nach Amontons.	Fahrenheit. Grad. nach der Formel.	Eben die: selbe nach Newton u.	
0	1162	—	weißglühend Eisen.
54	765	—	dünnes Glas schmelzt.
102	540	540	Bley schmelzt.
132	439	413	Zinn schmelzt.
144	406	395	Loth von 3 Th. Bley u. 2 Th. Zinn schmelzt.
264	207	212	Wasser siedet.
368	142	142	Wachs schmelzet.
485	113	111	Unschlitt schmelzt.
504	111	83	Butter schmelzt.

§. 331.

Man sieht also hieraus, daß Amontons keine Ursache hatte, Newtons Grade für so sehr fehlerhaft anzugeben, als er gethan hat. Amontons weiß: glühendes Eisen kömmt mit Newtons starker Hitze des Holzfeuers (§. 264.) sehr nahe überein. Beym siedenden Wasser bleibt Amontons zurück, und bey schmelzender Butter giebt er zu viel an.

§. 332.

Die Subtangente PT ändert sich, wenn die Stange dicker ist. Amontons sagt nun, daß seine Stange 59 Zoll = 708 Linien (Pariser Maas) lang war, und 30 Pfund (Markgewicht) wog. Der körperliche Raum betrug demnach 93 Cubic:Zolle, und die Dicke $\frac{2}{3}$ = 1,57 Quadratzolle. Wenn demnach die Stange so breit als dick sollte gewesen seyn, so würde die Breite und Dicke $\frac{3}{4}$ Zoll oder 1,26 Zolle betragen haben, und die Stange 47mal länger gewesen seyn als sie breit oder dick war. Da nun die Länge der Subtangente 116,3 Linien = 9,692 Zoll betrug, so macht dieses unter eben der Bedingung so viel als 7,7 Breiten. Es bleibt aber hiebey eine Ungewißheit, weil Amontons nicht sagt, wie seine Stange ausgesehen.

§. 333.

Wenn die Breite einer solchen Stange = a , die Dicke = b gesetzt wird, so ist bey gleicher Materie die Subtangente PT , in Verhältniß von $\frac{a b}{2(a+b)}$, so daß wir

$$7 = \frac{n a b}{2(a+b)}$$

setzen können. Dieses giebt $7 = \frac{1}{4} n a$, wenn $a = b$ ist.

§. 334.

Ist die Stange circulkund, und ihr Diameter = a , so ist der Umkreis = πa , der Flächenraum = $\frac{1}{4} \pi a a$, und demnach

$$7 = \frac{\frac{1}{4} n \pi a a}{\pi a} = \frac{1}{4} n a.$$

Dieser Werth kömmt also mit dem vorhergehenden, wo $a = b$ ist, überein.

§. 335.

Man sieht zugleich, daß wenn die Stange nicht nach der ganzen Länge gleich breit und gleich dick ist, die Subtangente $7 = PT$ einen veränderlichen Werth erhält, und DME , sodann aufhöret, eine logarithmische Linie zu seyn. Es kommen aber alsdann noch andere Umstände hinzu. Denn wenn z. E. die

Stange am Feuer dicker ist und gegen das andere Ende dünner wird, so muß die Wärme, indem sie gegen dieses Ende fortrücket, sich in einen engern Raum zusammenzudrängen.

§. 336.

Den 17ten Hornung 1777. nahm ich einen Messingdrat, der 110 Linien Rheinf. lang war und 382 Gran Berliner Gewicht wog. Seine ganze Länge betrug 60 von seinen Diametern. Ich legte das eine Ende desselben in die Flamme eines Lampenlichtes, und den Drat horizontal auf ein Gestelle von dünnem Drate. Als die Hitze der Flamme in Zeit von einigen Minuten sich durch den Drat verbreitet hatte, und im Beharrungsstand war, so daß z. E. Wachs in der größten Entfernung von der Flamme schmolz, so suchte ich die Punkte auf, wo verschiedene Materien flüchtig wurden. Ein klein Körnchen Bley schmolz zunächst an der Flamme. Ich bemerkte den Punct, und von demselben an, maas ich in Diametern des Drates die Distanzen der übrigen Punkte. Wachs schmolz in einer Entfernung von 28 Diametern. Nun legte ich die Grade des schmelzenden Bleyes und Wachses zum Grunde, und construirte die logarithmische Linie, die mir sodann die übrigen Grade der Wärme angab. Die Subtangente P T fand ich von 16 Diametern. Da sie also über doppelt größer als bey Amontons ist so giebt dieses Ursache zu vermuthen, es möchte Amontons Stange nicht vier-eckigt, sondern ziemlich platt gewesen seyn. Die Construction gab mir nun folgendes an:

Distanzen x in Diam. des Drates.	Fahrenheit- sche Grade.	
0, 0	540	schmelzend Bley.
3, 2	463	schmelzender Wismuth.
5, 5	412	schmelzend Zinn.
16, 2	240	schmelzend Geigenharz.
16, 9	228	schmelzend Sigellack.
18, 5	212	siedend Wasser.
21, 5	185	siedender Weingeist.
28, 0	142	schmelzend Wachs.

Das Sigellack war an sich etwas leichtflüchtig. Und da nach diesem Versuche seine Wärme nicht viel größer als die von siedendem Wasser ist, so legte ich es in einen Theelöffel, welchen ich voll Wasser über einem Wachslichte hielt. Das Wasser war stark siedend, ohne daß das Sigellack, auch wenn es nur ein klein Körnchen und ganz im Wasser war, schmolz. Als ich es aber an den Löffel andrückte, blieb etwas Lack daran kleben. Ich schloß hieraus, daß der Löffel dem Lacke etwas mehr

Wärme als dem Wasser mitgetheilt habe, und da der Unterschied nicht viel ausstragen kann, so konnte ich mich dadurch versichern, daß das Lack zum Schmelzen nur wenige Grade von Wärme mehr gebrauche, als das Wasser zum Sieden. An einem etwas dünnern Eisendraht fand ich den Abstand des schmelzenden Wachses vom schmelzenden Blei ebenfalls von 28 Diametern des Drahtes, und konnte daraus urtheilen, daß der Unterschied zwischen Eisen und Messing die Subtangente $P T$ wenig oder gar nicht verändere. Uebrigens versteht es sich, daß während solcher Versuche die Luft gleich warm bleiben und stille seyn muß. Der Wind erkaltet das Eisen, und die Grade sind allemal nur so zu nehmen, daß die Wärme der Luft = 0 gesetzt wird. Ich habe den Versuch mit dem Messingdraht, auch bey einer Lampe wiederholet, worinn ich, anstatt des Oehles, Weingeist brennte. Ich erhielt dadurch den Vortheil, daß der Draht wenig oder gar nicht mit Ruß bedeckt wurde. Hingegen brennte die Flamme viel ungleich und sackelnder als die vom Baumöhle.

S. 337.

Man sieht hieraus, daß eine solche Stange als ein Thermometer und Pyrometer gebraucht werden kann. Leidenfrosts Wassertropfen (S. 237.) können daran sehr genau geprüft werden, wenn man sie von gleicher Größe machet. Der Beharrungsstand dauert so lange fort, als das Feuer bey gleicher Stärke unterhalten wird. So lange bleibe auch die Wärme in jedem Punct beständig, so sehr sie auch von Punct zu Punct verschieden ist. Die Frage von beständigen Graden der Wärme, die bey den Chemisten so oft vorkömmt, kann also hiedurch eine gute Aufklärung erhalten, weil man hier alle Grade zugleich und einen jeden beständig haben kann, und zwar bloß dadurch, daß man das Feuer in beständig gleichem Grade erhält. Für geringere Grade kann man sich, statt des Eisens, einen langen Canal voll Wasser, Sand, Del &c. gedenken, welcher am einen Ende vom Feuer erwärmt wird. Die Wärme wird von da an, bis an das andere Ende logarithmisch abnehmen. Und ist der Canal oben offen, so hat man Wasser: Sand: Oehl: Aschen: Feilstaub &c. Bäder von so viel beständigen Graden der Wärme als man immer will. Man thut aber gut, wenn man in den mit Wasser gefüllten Canal Scheidwände setz, und ihn dadurch in mehrere gleiche Fächer abtheilet, damit nicht die etwa im Wasser entstehende Bewegung die Stufen der Wärme in Unordnung bringe.

S. 338.

Die hier vorgetragene Theorie breitet nun auch über Muschenbroecks Pyrometer, so fern es die Stange desselben durch eine oder mehrere Flammen von Lampen erwärmt, ein mehreres Licht aus. Muschenbroeck nahm sich vor zu sehen, ob die Ausdehnung der Stange der Anzahl der Flammen proportional seyn würde. Aus seinen Versuchen schloß er das Gegentheil. Er fand nemlich folgende Ausdehnungen gleich langer Stangen von verschiedenen Metallen.

	Eisen.	Stahl.	Kupfer.	Messing	Zinn.	Bley.
Eine Flamme in der Mitte.	80	85	89	110	153	155
Zwo Flammen : :	117	123	155	220		274
Drey Flammen : :	142	168	193	275		
Vier Flammen : :	211	270	270	361		
Fünf Flammen : :	230	310	310	377		
* * *						
Zwo Flammen, die $2\frac{1}{2}$ Zoll v. einander entfernt waren.	109	94	92	141	219	263

S. 339.

Muschenbroeck sagt nun, daß diese Zahlen das Mittel aus mehreren Versuchen sind, und daß diese mehrere Versuche höchstens 5 Grade von einander abgingen. Dieses ist in der That sehr wenig, wenn man bedenkt, wie es nicht leicht ist, den Flammen immer gleiche Größe und Stärke zu geben, dafern man sie nicht aus der Wirkung selbst bestimmt; welches aber hier nicht hat seyn sollen. Nun gehen z. E. bey dem Eisen 80, 117, 142, 210, 230. mit der Anzahl der 1, 2, 3, 4, 5 Flammen nicht nur nicht zu gleichen Schritten, sondern bleiben sehr stark zurück. Ich sehe aber in diesen Zahlen noch nicht klar genug, deswegen habe ich die Anzahl der Flammen 0, 1, 2, 3, 4, 5 als Abscissen, und die Ausdehnungen des Eisens 0, 80, 117, 142, 210, 230 als die zugehörigen Ordinaten in der 7ten Figur gezeichnet. So sahe ich nun klar genug, daß die Endpuncten der Ordinaten o, a, b, c, d, e eine noch ziemlich irreguläre Lage hatten, und daß es der Natur der Sache gemäßer ist, wenn man setzt, daß sie eigentlich in der punctirten Linie o A liegen sollten. Diese geht nothwendig durch den Punct o, weil, wo keine Flamme ist, auch keine daherrührende Ausdehnung statt findet. Sodann habe ich diese Linie unter a und über c durchgezogen, weil a offenbar zu hoch und c zu tief liegt. Nach dieser Linie sind nun die Ausdehnungen

von 0 Flammen	:	:	:	0 Gr.
— 1 —	:	:	:	58 —
— 2 —	:	:	:	114 —
— 3 —	:	:	:	162 —
— 4 —	:	:	:	208 —
— 5 —	:	:	:	248 —

Diese Zahlen kommen nun derjenigen Regularität schon näher, welche die Versuche hätten angeben sollen, aber wegen der dabey unvermeidlichen kleinen Fehler nicht angegeben haben.

§. 340.

Auf eben diese Art zeichnete ich die 8te Figur für den Stahl, die 9te für ^{2, 8, 10} das Kupfer, und die 10te für das Messing nach eben dem Maasstabe. ^{Figur.} Vergleichet man diese 4 Figuren, so sieht man offenbar, daß die Punkte a, b, c, d, e in einer jeden eine eigene Irregularität haben, und daß diese Irregularität nicht von der Natur der Sache, sondern von den bey solchen Versuchen unvermeidlichen kleinen Fehlern, die ohne Unterschied bald zu viel, bald zu wenig geben, herührt. Indessen konnten die 4 punctirten Linien o A nicht ohne allzumerkliche Abweichung ganz gerade gezogen werden. Sie kehren daher alle ihre hohle Seite gegen die Abseiffenlinie, und dieses zeigt, daß in der That die Ausdehnung nicht ganz nach Verhältnis der Anzahl der Flammen größer wurde. Es folgt aber auch nicht, daß dieses hätte seyn sollen. Denn vorerst muß untersucht werden, ob die verschiedene Lage der Flammen es zuließe, daß eine jede, auch wenn sie alle gleiche Stärke hatten, die Stange um gleich viel hat erwärmen können. Zu dieser Untersuchung dient nun die vorhin vorgetragene Theorie, wenigstens in so fern, als die Umstände der Versuche bekannt sind.

§. 341.

Zu diesem Ende habe ich in der 11ten Figur die Stange A B, die Lampe ^{11. Figur.} C D, nebst den fünf Flammen und ihren Dächten I, II, III, IV, V nach ihrer wahren Größe und Lage so gezeichnet, wie sie von der Seite betrachtet ausähen, und oben auf der Stange rheinländische Zolle und deren Decimalthteile angemerkt. Die Stangen waren sämtlich 5, 8 Zoll lang, und 0, 3 Zoll breit und hoch. Sie waren demnach nur etwa 19mal länger als breit oder hoch, und dieses konnte beitragen die Subtangente zu verkürzen, weil, wenn z. E. die Lampe I allein brannte, das Ende der Stange in A und B nicht sehr warm seyn konnte. Wenn Muschenbroeck die Punkte bemerkt hätte, wo etwa Wachs schmolz, Wassertropfen zu sieden anfangen zc. so würde die wahre Länge der Subtangente noch so ziemlich bestimmt werden können. Ich werde sie inzwischen unbestimmt = 7 setzen, und nun sehen, was jede Flamme besonders zu leisten fähig ist.

§. 342.

Es sey demnach Y die Hitze der Stange gerade über der angezündeten Flamme, x der Abstand eines beliebigen Puncts von diesem Orte, so giebt für die Wärme y der Stange in der Distanz x, die logarithmische Abnahme der Wärme die Gleichung

$$y = Y \cdot e^{-x:7}$$

folglich die Summe der Wärme in der ganzen Länge x

$$-\int y dx = 7 Y \cdot e^{-x:7} - 7 Y$$

Es sey nun die Entfernung der Flamme vom Ende A, = a, vom Ende B, = b;
 so ist die Summe der Wärme in der ganzen Stange

$$S = 7 Y. \left(2 - e^{-a:7} - e^{-b:7} \right)$$

und die mittlere Wärme findet sich, wenn man S durch die Länge der Stange theilet.

§. 343.

Nun war für die

Flamme.	a	b	S: 7 Y.
I	2,4	3,4	$2 - e^{-2,4:7} - e^{-3,4:7}$
II	3,2	2,6	$2 - e^{-3,2:7} - e^{-2,6:7}$
III	4,0	1,8	$2 - e^{-4,0:7} - e^{-1,8:7}$
IV	4,8	1,0	$2 - e^{-4,8:7} - e^{-1,0:7}$
V	5,6	0,2	$2 - e^{-5,6:7} - e^{-0,2:7}$

Addirt man demnach diese Werthe von S: 7 Y der Ordnung nach zusammen, so erhält man die Summe der Wärme von 1, 2, 3, 4, 5 Flammen, durch 7 Y getheilt, und folglich solche Größen, welche den Ordinaten der punctirten Linien o A (7 — 10. Fig.) so gut es angehen mag, proportional seyn müssen. Diese Bedingung wird demnach die Subtangente γ so ziemlich bestimmt angeben. Einige in dieser Absicht vorgenommene Versuche haben mich belehret, daß γ wenigstens nicht größer als 2,4 Zoll seyn könne. Ich setzte demnach $\gamma = 2,4$, und erhielt folgende Werthe:

Flamme.	S: 7 Y.
I	1,3895.
II	1,3978.
III	1,3386.
IV	1,2052.
V	0,9829.

woraus allerdings erhellet, daß die Stange von den Lampen ziemlich ungleich erwärmt wurde. Die Flamme II. gab der Stange etwas mehr Wärme, weil sie am nächsten beym Mittelpunct war. Vermuthlich hat auch Muschenbroek dieselbe in dem ersten Versuche gebraucht. In dem zweyten Versuche gebrauchte er die Flammen I, II, und in den folgenden Versuchen kamen noch die Flammen III, IV, V der Ordnung nach, hinzu. Die Summen der Wärme waren demnach folgenden Summen proportional.

Flame

Flammen.	f S: 7 Y.
II.	1, 3978.
I, II.	2, 7873.
I, : III.	4, 1259.
I, : IV.	5, 3311.
I, : V.	6, 3139.

und diese Zahlen sind den Ordinaten der punctirten Linien $\circ A$, (7 — 10. Fig.) noch ziemlich proportional.

§. 344.

Uebrigens muß ich hiebey erinnern, daß ich eigentlich nur Kürze halber die Formel

$$y = Y. e^{-x: 7}$$

gebraucht habe. Da aber die Flamme eine ziemliche Breite hat, so hätte sie als aus unzähligen kleinen Flammen zusammengesetzt angesehen werden müssen. Da aber die Versuche nicht so genau sind, daß es sich der Mühe lohnen würde, die Berechnung so scharf zu machen: so lasse ich es bey dieser Anmerkung bewenden, um so mehr, da ohnehin der Erfolg nur sehr wenig verschieden seyn würde.

§. 345.

Für alle 5 Lampen war nun

$$f S: 7 Y = 6, 3139,$$

folglich, weil $7 = 2, 4$, ist

$$f S = 1, 51534. Y$$

Diese Summe durch die Länge der Stange 5, 8 getheilt giebt

$$\frac{f S}{5, 8} = 2, 6126. Y.$$

die mittlere Wärme, so die Stange von allen fünf Lampen erhielt. Sie ist demnach 2, 6126mal größer als die Wärme gerade über einer Flamme, wenn diese allein brennt. Nun giebt Muschenbroeck an, wie viel die Stangen sich vom Frierpunct zum Siedepunct ausgedehnt haben. (S. 227.) Nehmen wir demnach ihre Ausdehnung, mittelst der fünf Lampen, wie sie die letzte Ordinate der punctirten Linien (7 — 10. Fig.) angiebt, so läßt sich folgende Vergleichung anstellen:

Stangen von	Ausdehnung vom Frier- zum Siedepunct	Ausdehnung durch 5 Flammen	Wärme über einer Flamme.	Eben dieser Grad nach Fahrnh.
Eisen	54	240	91, 8	363
Stahl	56	308	117, 8	411
Kupfer	59	327	125, 1	414
Messing	73	362	138, 5	374

Bb

194 Erwärmung mehrerer Körper am Feuer und unter sich.

Die Zahlen der 4ten Columne sind die von der dritten durch 2,6126 getheilt. Sodann stellen die Zahlen der ersten Columne die 180 Fahrenheit'sche Grade vom Frierpunct zum Siedepunct vor. Und so findet sich für das Eisen

$$\frac{180}{53} \cdot 91,8 + 32 = 363$$

für den Stahl

$$\frac{180}{56} \cdot 117,8 + 32 = 411.$$

Und auf eine ähnliche Art auch die übrigen Zahlen der 5ten Columne. Eine Flamme allein theilte demnach den Stangen selbst da, wo sie unmittelbar anschlug, nicht ganz gleiche Wärme mit. Dem Kupfer und Stahl mehr als dem Eisen und dem Messing, und doch kaum so viel, als daß Zinn hätte schmelzen können. Dem Zinn selbst muß sie noch weniger mitgetheilt haben, weil die zinnerne Stange die Hitze von einer Flamme aushielt. Sie hielt aber die Hitze der beyden Flammen I, II, nicht aus, sondern nur die Hitze, der von einander entfernten Flammen II, V, weil diese um etwa $\frac{1}{3}$ größer seyn konnte, als die so gerade über einer Flamme ist. Muschenbroeck sagt auch, daß bey diesen zweyen Flammen das Zinn dem Schmelzen sehr nahe gewesen. Daß übrigens die Flamme den Metallen so wenig Hitze mittheilte, rühret daher, daß nur eine Seite der Flamme ausgefetzt war. Wäre eine jede der 4 Seiten immer gleich starken Flammen ausgefetzt gewesen, so würde z. E. für das Eisen

$$4 \cdot \frac{180}{53} \cdot 91,8 + 32 = 1356,$$

folglich der 1356ste Fahrenheit'sche Grad Hitze an dem Orte gewesen seyn, wo die Flammen würden angeschlagen haben. Dieser Grad, welcher mit dem 3787sten Grade des Luftthermometers übereintrifft, kommt der Hitze des weißglühenden Eisens (S. 92.) und Kupfers (S. 227.) schon ungleich näher. Das Bley schmolz bey den zwey Flammen I, II, nicht, aber die Hitze von drey Flammen hielt es nicht aus. Es mag eben so, wie das Zinn etwas weniger Hitze erhalten haben, als die härtern Metalle. Die Hitze ist mitten zwischen zweyen Flammen am größten. Da nun die Distanz derselben = 0,8 Zoll ist, so nimmt die Hitze in der Hälfte dieser Distanz in Verhältniß von

$$1: e \quad \text{---} \quad 0,4: 2,4 \quad \text{---} \quad 1: 6 \quad \text{---} \quad 6: 5$$

ab. Damit ist sie für Eisen und in der Mitte zwischen beyden Flammen

$$= 2 \cdot \frac{5}{6} \cdot 91,8 = 153$$

Graden des Muschenbroeck'schen Pyrometers, über dem Frierpunct. Dieses ist demnach der

$$\frac{180}{53} 153. + 32 = 552\text{te}$$

Sahrenheitsche Grad. Nun stockte Newtons Bley bey 535sten Grad (S. 264.) Zieglers Bley bey 525sten Grade, (S. 265.) und Muschenbroecks Bley war bey 769sten Grade ganz, vermuthlich auch schon stark stießend. (S. 227. 228.) Es zeigt sich also hieraus, daß so schwerflüßig Muschenbroecks Bley gewesen, es die Hitze von zweyen Flammen, aber nicht von 3 aushalten konnte. Denn für die 3 Flammen I, II, III ist die Hitze bey Eisen über der Flamme II

$$= 91,8. \left(1 + 2. e^{-1:3} \right) = 233,4$$

Gr. des Pyrometers, über dem Frierpunct. Folglich der

$$\frac{180}{53} 233,4 + 32 = 825\text{te}$$

Sahrenheitsche Grad. Wenn also Muschenbroecks Bley zum Schmelzen wirklich einen nicht geringern als den 769sten Sahrenheitschen Grad erfordert hätte, so sieht man, daß es bey 825sten Grad, den die drey Flammen über den mittlern verursachten, allerdings hat schmelzen müssen.

D e r
P y r o m e t r i e
 o d e r
 v o m M a a ß e d e s F e u e r s u n d d e r W ä r m e
 V i e r t e r T h e i l.
 V o n d e r B e w e g u n g d e r W ä r m e.

E r s t e s H a u p t s t ü c k .

D i e A u s b r e i t u n g d e r W ä r m e .

S. 346.

Die Luft gestattet der Wärme keinen dauernden Aufenthalt, als in sofern sie von dichtern Körpern umschlossen wird, welche die Wärme langsamer annehmen. In andern Fällen muß die sogleich wieder weggehende Wärme immer von neuer ersetzt werden. Man gedenke sich ein Feuer oder einen warmen Körper, so breitet sich die von demselben weggehende Wärme oder die Feuertheilchen nach allen Gegenden aus, und dieses macht, daß die Dichtigkeit derselben in umgekehrter Verhältniß des Quadrats der Distanz geringer wird. Ein Gesetz, das mit dem von der Ausbreitung der Lichtstralen eine vollkommene Aehnlichkeit hat.

S. 347.

Nun fährt aus einem warmen Körper und selbst aus dem Feuer nur in sofern Wärme weg, als die Luft weniger warm ist. Die Wärme der Luft hält allemal einem gleich großen Grade von Wärme in andern Körpern das Gleichgewicht. Man kann daher auch hier nur den Ueberschuß der Wärme in die Rechnung bringen. Und so kann auch nur von diesem das erst angeführte Gesetz verstanden werden.

S. 348.

Der einfachste Fall hiebei ist der von einer durchaus gleichglühenden Kugel. Von dieser strömet die Wärme aus allen Puncten der Oberfläche nach allen Gegenden gleich aus, und hierinn ist sie einer rund herum gleich leuchtenden Ku-

gel wiederum vollkommen ähnlich. Es folgt demnach aus dem §. 115 und 109. der Photometrie, daß die Distanzen vom Mittelpunct der Kugel müssen gerechnet werden, und daß die Dichtigkeit der Feuertheilchen, wie das Quadrat des Sinus des scheinbaren Halbmessers abnimmt.

§. 349.

Ferner kömmt der Sinus des Ausflußwinkels (Photom. §. 80.) hier nothwendig auch in Betrachtung. Eine durchaus gleich glühende eiserne Platte, breitet gerade vor sich mehr Wärme als in schieferer Richtung. Ich setze demnach, so wie in der Photometrie, daß auch die Dichtigkeit der Feuertheilchen in Verhältniß vom Sinus des Ausflußwinkels geringer wird.

§. 350.

Um diese Sätze durch die Erfahrung zu prüfen, gebraucht man am sichersten eine Kugel von kupfernen Bleche, die oben eine runde Oeffnung hat, und die man mit stark glühenden Kohlen anfällt. Das Blech hat zur Seite einige kleine Löcher, dadurch die Luft hineinziehen und die Gluht anblasen kann. Die Kugel selbst wird auf einen dünnen Fuß von Eisen gestellt, damit sie nicht durch Berührung anderer Körper ihre Hitze zu geschwinde verliere. In beliebigen Distanzen von der Kugel werden Thermometer befestigt, die von einerley Materie sind, und deren Kugeln wenigstens nicht gar zu verschiedene Diameter haben. Auch an sich müssen sie nicht groß seyn, damit sie das Maximum ihrer Wärme desto eher erhalten. (§. 271. 272.) Endlich muß auch die Kugel der Thermometer gegen die kupferne Kugel gekehrt seyn und nichts berühren. Der Versuch kann an einem ganz windstillen Tage an der freyen Luft vorgenommen werden. Da aber dieses doch eine ungewisse Sache ist, so dient ein geschlossenes Zimmer besser. Nur muß man alsdenn Rechnung tragen, daß die Luft im Zimmer von der Kugel voll glühender Kohlen, während des Versuches, etwas Wärme erhält. Uebrigens müssen die Thermometer bereits gestellt, auch der Ort der Kugel bestimmt seyn, ehe man die Kugel hinstellt. Die Kugel muß, außer dem Zimmer, mit stark glühenden Kohlen gefüllt, und nicht eher hereingebracht werden, als nachdem sie schon ihre volle Hitze erlangt hat. Die Thermometer erhalten dadurch das Maximum ihrer Wärme in kürzerer Zeit, und ehe die Kugel anfängt, wiederum allzumerklich zu erkälten. Da die Hitze der Kugel gerade und unverhindert alle Thermometer muß treffen können, so versteht es sich, daß die Thermometerkugeln am besten in eine gerade Linie gestellt werden, welche horizontal sey, und neben der kupfernen Kugel vorbeigehet.

§. 351.

Ehe ich nun eine solche kupferne Kugel wollte machen lassen, gebrauchte ich den 5ten April 1777. statt derselben eine gemeine Gluht- oder Kofspfanne, das

will sagen, einen Cylinder von Sturzblech, 6 Zoll weit, und vom Roste ange-
rechnet $4\frac{1}{2}$ Zoll hoch, der auf drey dünnen Füßen stand und an den Seiten durch-
löchert war. Ich stellte 5 Thermometer so, daß ihre Kugeln einen Rheinl. Fuß
von einander entfernt waren. Der Abstand ihrer Mittelpuncte vom Mittelpuncte
der Gluth, das Quadrat dieses Abstandes, und das umgekehrte Verhältniß dieser
Quadrate war, wie folgt:

Distanz Zoll.	Quadrat der Distanz.	Umgekehr- tes Verhält- niß.
12,62	159,3	1,0000
23,05	531,3	0,2998
34,51	1191,3	0,1337
46,25	2139,3	0,0740
58,10	3375,3	0,0472

Diese Verhältnisse sollen nun zugleich auch die vom Steigen der Thermometer
seyn. Die Thermometer stiegen folgendermaßen von 11,9 Grad der Reaumur-
schen Stufenleiter angerechnet.

Zeit.	I. Therm.	II. Therm.	III. Therm.	IV. Therm.	V. Therm.
2". 16'	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0
17	1,1	0,7	0,2	0,1	0,1
18	2,2	1,2	0,3	0,2	0,2
19	3,2	1,6	0,4	0,3	0,3
20	4,2	2,1	0,6	0,4	0,4
22	5,8	2,7	1,0	0,5	0,6
24	8,6	3,4	1,3	0,7	0,7
26	10,9	3,9	1,6	1,0	0,8
28	12,5	4,3	1,9	1,2	0,9
30	13,7	4,7	2,1	1,3	1,0
32	14,5	5,1	2,4	1,5	1,1
34	15,2	5,3	2,6	1,6	1,2
36	16,0	5,4	2,7	1,7	1,3
38	16,0	5,4	2,7	1,7	1,4
40	15,7	5,2	2,8	1,8	1,4
42	15,0	4,8	2,7	1,7	1,4

Den Versuch stellte ich in einer von zweo Stuben an, zwischen welchen die Thür
offen stand. Die übrigen 4 Thüren und die 4 Fenster waren geschlossen. Beyde

Stuben waren 34 Fuß lang, ihre Breite betrug $18\frac{1}{2}$ Fuß, und die Höhe $11\frac{1}{2}$ Fuß. Also konnte die Luft von der Gluth nicht sehr erwärmt werden. Ich hatte zwar noch andere Thermometer in der Stube. Weil sie aber zu weit entfernt waren, so konnten sie auch nicht richtig angeben, wie viel die Luft und zwar bey den Thermometern, die ich zum Versuche gebrauchte, erwärmt worden. Ich setzte demnach diese Erwärmung = x , und so mußte x von dem Maximo des Steigens eines jeden Thermometers abgezogen werden, damit dasjenige Maximum bleibe, welches der Hitze der Gluth unmittelbar zuzuschreiben war. Da nun dieses Maximum umgekehrt, wie das Quadrat der Distanz seyn sollte, so hatte ich folgende Verhältnisse:

$$\begin{aligned} (16,0 - x) &: 1,0000 \\ (5,4 - x) &: 0,2998 \\ (2,7 - x) &: 0,1337 \\ (1,8 - x) &: 0,0740 \\ (1,4 - x) &: 0,0472 \end{aligned}$$

Hieraus fand ich mittelst einer Zeichnung, daß $x = 0,7$ seyn müsse. Und damit erhielt ich die

beobachtete Grade.	berechnete Grade.
15,3	15,3
4,7	4,6
2,0	2,0
1,1	1,1
0,7	0,7

Eine genauere Uebereinstimmung war nicht zu erwarten. Ich hatte übrigens auch schon vorhin einen Versuch mit weniger Kohlsfeuer und drey Thermometern angestellt, und ebenfalls das Steigen sehr genau in umgekehrter Verhältniß des Quadrats der Distanz gefunden. Ich erachte es demnach unnöthig, eine kupferne Kugel gerade nur hiezu machen zu lassen. Noch muß ich sagen, daß die Thermometer von Weingeist waren, und daß ich aus diesem Grunde dieselben von der Gluthpfanne mehr entfernt halten mußte, weil bey größerer Wärme die Ausdehnung den Graden der Wärme selbst nicht mehr proportional bleibt. (S. 124.) Die Diameter der Kugeln waren von 8,3; 5,2; 9,5; 6,1; 6,8 Linien. Ich ordnete sie nicht nach ihrer Größe, damit, wenn je diese Ungleichheit einen Unterschied verursachen sollte, dieser Unterschied desto leichter bemerkt werden könnte.

§. 352.

Es kann nun aber die Hitze in geringern Entfernungen durch Rechnung gefunden werden. Das Thermometer 1. stieg 15,3 Grade. Diese müssen nun

nicht von dem anfänglichen Grade der Luftwärme 11,9, sondern von dem 11,9 + 0,7 = 12,6 Grade angerechnet werden. Damit ist das Thermometer bis zum 12,6 + 15,3 = 27,9 Grade gestiegen. Nun ist zufolge der Tafel (§. 140.)

Weingeist: thermom.	Luftthermo: meter.
+12,6	1055
+27,9	1123
	<hr/> 68.

Also betrug die Erwärmung des Thermometer I, so viel als 68 Grade des Luftthermometers.

§. 353.

Sodann kann die Gluthpfanne als eine Kugel angesehen werden, deren Halbmesser = $\sqrt{\left(\frac{7}{12} \cdot 6 \cdot \frac{2}{2}\right)} = 2,93$ Zoll beträgt. Da nun der Abstand des Thermometers I = 12,62 Zoll war, so ist der Sinus des scheinbaren Halbmessers = 2,93:12,62 = 0,232. Und dessen Quadrat = 0,0538. Hingegen ist an dem Umkreise dieser Kugel als an der kleinsten Distanz, die hier in Betrachtung kommen kann, der scheinbare Halbmesser = 90°, das Quadrat von dessen Sinus = 1,0000, folglich haben wir (§. 248.)

$$0,0538:1,0000 = 68:1265.$$

Demnach hat die Erwärmung dichte an der Kugel oder auch an der Gluthpfanne so viel als 1265 Grade des Luftthermometers betragen. Werden nun hiezu die 1055 Grade der Luftwärme (§. 252.) addirt, so ist die absolute Wärme daselbst der 2320ste Grad des Luftthermometers. Nun ist für schmelzendes Bley der Grad des Luftthermometers nach

Newton (§. 264.)	: : :	2043.
Muschenbroeck (§. 227.)	: : :	2515.
Ziegler (§. 265.)	: : :	2219.

Also konnte Newtons und Zieglers Bley bey Berührung der Gluthpfanne schmelzen, Muschenbroecks Bley aber nicht. Da ich eine ähnliche Rechnung schon bey dem Versuche mit der kleinern Gluthpfanne gemacht hatte, so machte ich mich bey dem zweyten Versuche gefaßt, Zinn und Bley in kleinen Körnchen in Bereitschaft zu halten. Um 2 Uhr 33 Minuten, da eben die Thermometer ihrem Maximo nahe waren, fand ich, daß das Zinn in Zeit von 2 oder 3 Secunden schon fließend war, hingegen mußte ich das Bley stärker an die Gluthpfanne andrücken, und doch wurde es nur so erweicht, daß es sich platt drücken ließ. Das Bley war aus bleyernen dünnen Blechen zusammenschmolzen, und demnach von weißer und zäher Art.

§. 354.

§. 354.

Es ist nun aber diese mitgetheilte Hitze nur einseitig. Man muß sie demnach wenigstens verdoppeln, wenn man ihre Wirkung auf beyde Seiten bestimmen will. Dadurch erhält man den $2. 1265 + 1055 = 3585$ sten Grad. Dieser kömmt nun der Hitze des weißglühenden Eisens (§. 92.) und Kupfers (§. 227.) schon sehr nahe.

§. 355.

Noch eine Folge, so unser Versuch darbeut, betrifft die $0,7$ Gr. Wärme, so die Luft von dem Kohlfeuer, in Zeit von etwa 25 Minuten, erhalten. Dieses Kohlfeuer nahm, als es am stärksten war, einen Raum von $1\frac{1}{4} \cdot 6 \cdot 6 \cdot 4\frac{1}{2} = 127,3$ Cubicollen oder $\frac{1}{13,8}$ Cubicfuß ein. Da nun die Kohlen weder dicht an einander schlossen, noch dicht schließen sollten, so wird auch ein größeres Kohlfeuer, nach Maasse des Raumes, den es einnimmt, wenn die Kohlen gerade eben so dicht gelegt sind, der Luft mehr Wärme mittheilen. Daraus folgt, daß ein Cubicfuß Kohlfeuer den beyden Stuben $0,7 \cdot 13,6 = 9\frac{1}{2}$ Grad Wärme mittheilen konnte. Diese Wärme wird aber allerdings nicht gleich vertheilt seyn. Denn auch die $0,7$ Grad waren eigentlich an dem Orte, wo die Thermometer standen. Da nun des Winters die Stuben mehrentheils nur 12 oder 14 Reaumur'sche Grade wärmer sind als die äußere Luft, so folgt, daß zwey Caminfeuer, in welchen, zusammengerechnet, $\frac{3}{4}$ oder $1\frac{1}{2}$ Cubicfuß Kohlen brennen, den beyden Zimmern eine Wärme von 12 oder 14 Grad mittheilen können. Die beyden Zimmer enthalten 7234 Cubicfuß Raum. Bey alledem kömmt übrigen viel darauf an, ob Fenster und Thüren gut schließen, und ob die Wände getäfelt oder mit Tapeten bedeckt, oder bloße Mauern sind.

Zweytes Hauptstück. Das Zurückprallen der Wärme.

§. 356.

Das erstbetrachtete Ausbreiten der Wärme geht fort, so weit sich kein Hinderniß findet, das will sagen, so lang die Feuertheilchen nicht an feste Körper anstoßen. Geschieht dieses aber, so dringen sie theils in den Körper hinein, theils fahren sie von dessen Oberfläche zurück, und zwar nach dem allgemeinen Gesetze, daß der Winkel, unter welchem sie zurück prallen, dem Einfallswinkel gleich ist. Dies. 3 Gesetz hat auch in Ansehung der Lichtstralen statt. Hingegen mag sich in der Art, wie die Wärme und das Licht an der Oberfläche sich theilt, so daß weder alles eindringt, noch alles zurückgeworfen wird, einigen Unterschied äußern.

E c.

§. 357.

In Ansehung des Lichtes hat man längst schon Brennspiegel und Brenn-
gläser, und die Berechnung, wie das Licht dabei seinen Weg ändert, kommt in
allen Lehrbegriffen der Catoptric und Dioptric vor. Die Bestimmung der Menge
und Dichtigkeit der zurückprallenden, der ein- und durchdringenden Lichtstralen,
habe ich in der Photometrie durch Theorie und Versuche, so weit es sich damals
thun ließe, vorgenommen. Ich werde mich demnach, so fern hier davon die Rede
ist, darauf beziehen. Was in der Photometrie Dichtigkeit der Lichtstralen hieß,
ist hier so viel als Dichtigkeit der Feuertheilchen oder Wärmestralen.

§. 358.

Nun kommt es bey Brenngläsern und Brennsiegeln nur darauf an, daß
man bestimme, in welcher Verhältniß die Lichtstralen dadurch dichter werden.
Und diese Verhältniß ist die von dem Flächenraume des Bildes zum Flächenraume
der Oefnung des Glases oder Spiegels. Es geht aber hievon etwas ab, weil
nicht alles Licht durch die Gläser geht, und auch nicht alles vom Spiegel zurück
geworfen wird. Wie viel dieser Abgang beträgt, habe ich in der Photometrie
umständlich bestimmt; auch daselbst bereits angemerkt, daß wenn das Licht durch
mehrere Gläser fällt, die Oefnungen derselben so bestimmt werden müssen, daß die
vom Objectivglase nicht mehrere Stralen durchfallen lassen, als auch durch die
übrigen Gläser durchgehen können.

§. 359.

Die gerade Erleuchtung richtet sich, nach der Stärke des Lichtes und nach
dem Quadrate des Sinus seiner scheinbaren Größe, wenn nemlich das Licht als
circulrund erscheint, oder durch Rechnung auf ein solches reducirt werden kann.
Diese gerade Erleuchtung wird nun in vorgedachter Verhältniß vom Flächenraume
des Bildes zum Flächenraume der Oefnung des Objectivglases oder Spiegels ver-
stärket, und dann wird abgerechnet, wieviel von dem einfallenden Lichte nicht in
das Bild trifft.

§. 360.

So z. E. führt Boerhave an, ein Willetscher Brennspiegel soll eine Oef-
nung von 457 Linien im Diameter gehabt haben, und der Diameter des damit
aufgefangenen Sonnenbildes habe 16 Linien betragen. Dieses setzt eine Brenn-
weite von 12 Fuß voraus. Die Verstärkung des Lichtes war demnach, wie das
Quadrat von 16, zum Quadrat von 457, folglich wie 1 zu 816. Man kann
aber wegen des in den Spiegel eindringenden Lichtes kaum die Hälfte oder 400
rechnen. Wenn wir nun nach dem oben beschriebenen Versuche setzen, daß ein schwar-
zer Körper von dem gerade auffallenden Sonnenlichte 14 Reaumur'sche Grade
von Wärme erhalte, (§. 278. 280.) und dabei annehmen, daß der Körper alle

Hitze auszuhalten fähig sey, so werden diese 14 Grade, so viel als $1164 - 1102 = 62$ Grade des Luftthermometers betragen. (§. 278. 140.) Diese 62 Grade mit 400 multiplicirt, geben 25200 Grade, wozu noch die 1102 müssen addirt werden. Und so wird die Hitze eines solchen Körpers = 26302 Gr. des Luftthermometers, demnach 5 bis 6mal größer als schmelzendes oder weißglühendes Eisen seyn. Diese Hitze wird aber ein solcher Körper nicht in dem ersten Augenblicke erlangen, sondern eben so viel Zeit darüber vergehen, als wenn er an der Sonne nach und nach erwärmt. Wenn demnach seine Erklärungs-Subtangente von etwa 6 Minuten Zeit wäre, so würde er in der ersten Minute nur den 6ten Theil der 25200 Grade, das ist, 4200 Grade von Hitze erhalten, und demnach seine Wärme nur $4200 + 1102 = 5302$ Grad seyn. Dieses ist indessen doch noch die Hitze des stark fließenden Eisens, oder wenig größer. (§. 92.) Amontons Glas schmolz bey dem 776sten Fahrenheit'schen Grade, oder bey dem 2509ten Grad des Luftthermometers, und zwar in einer Luft, welche den 97sten Fahrenheit'schen oder den 1134sten Grad des Luftthermometers hatte. (§. 330.) Das Glas erhielt demnach von dem glühenden Eisen nur $2509 - 1134 = 1375$ Grade von Hitze. Hierzu ist aber bey dem Willerschen Spiegel eine Zeit von $\frac{1}{2}$ Minuten hinreichend, auch wenn das Glas eine Kugel von 6 Linien Diameter ist, wie es ungefähr die zu 6 Minuten angelegte Erklärungs-Subtangente erfordert. Ist aber das Glas kaum eine Linie dick, so wird die Zeit 6mal kürzer, und demnach kaum von 3 Secunden. So wird wohl auch die vorgegebene augenblickliche Verglasung der Kieselsteine und Metalle durch den Willerschen Spiegel müssen verstanden werden.

§. 361.

Man erzählt ferner, daß, so groß diese Kraft des Willerschen Brennspiegels auch im Brennpunct selbst mag gewesen seyn, derselbe dennoch denen Körpern, die man 5 Zoll weit vom Brennpunct gehalten, kaum 190 Fahrenheit'sche Grade von Wärme mitgetheilt habe. Und hieraus schloß man, daß die Hitze in viel größerer Verhältniß als die Dichtigkeit der Stralen zunehmen müsse. Ich finde aber, man müsse vielmehr daraus schließen, daß man theils die Zeit der völligen Erwärmung nicht abgewartet habe, und daß der Brennspiegel selbst die Stralen nicht so ganz genau vereinigt habe. Man fange mit einem stark erhobenen Brennglase oder stark gehöltem Brennspiegel die Sonnenstralen näher als der Brennpunct ist, auf, so wird man am Rande des Bildes oder des aufgefangenen Lichtkegels einen Ring sehen, welcher viel heller als die Mitte ist. Und dieser Ring ist desto breiter, je mehr die caustische Linie sich krümmt und von der Aze wegkehret. Ich habe auch gefunden, daß man in diesem Ringe Papier anzünden kann, wenn es sich in der Mitte noch nicht entzündet. Rückt man nun näher gegen den Brennpunct, so findet sich, daß der äußere und besonders der innere Rand dieses Ringes immer näher zusammenrückt, und endlich der Ring

sich in einen gleichhellen kleinen Circul verwandelt. Es ist ferner bey so großen Brennweiten, wie die von 12 Fuß ist, der Brennpunct nicht ein einzelner Punct, sondern er hat wegen der nicht parabolischen Mündung des Spiegels, und bey Gläsern noch überdies wegen der farbigen Stralen, eine ziemliche Länge in der Axe. Dieses macht die angegebene Distanz von 5 Zollen etwas zweifelhaft.

§. 362.

Wenn es nun aber wirklich so wäre, daß die Sonnenstralen stärker als nach Maaße ihrer Verdichtung erwärmen, so würde eben kein großer Willestischer Brennspiegel oder Tschirnhausisches Brennglas nöthig seyn, um sich davon zu versichern. Ich habe demnach den 20sten Hornung 1777, Vormittags um 11 Uhr, einen Versuch mit einem branderschen Brennglase angestellt, dessen Brennweite 2 Fuß betrug, und welches eine Oefnung von 7 Zoll oder 84 Linien hatte. Der Diameter des Sonnenbildes im Brennpunct, betrug demnach 2,7 Linien. Daraus folgt, daß es die durchfallende Sonnenstralen 968mal dichter machte. Da nun das Glas sehr reines Spieg-IGlas ist, so mögen der auffallenden Stralen nur etwa $\frac{1}{3}$ mehr als der durchfallenden gewesen seyn. Wir können demnach, die durch das Glas im Brennpunct verstärkte Kraft als etwa 600mal größer, denn die Kraft der gerade auffallenden Sonnenstralen ansehen. Ich hielt nun ungefähr 2 $\frac{1}{2}$ Zoll innerhalb des Brennpunctes ein flaches Stückchen Tannenholz, in welches vorhin schon ein brauner kleiner Fleck gebrennt war. Die erleuchte Fläche auf diesem Holze hatte 12 Linien Diameter, da sie hingegen im Brennpunct nur 2,7 Linien, demnach $\frac{1}{4}$ mal kleiner ist oder einen fast 20mal kleinern Flächenraum hat. Dieses 20mal weniger dichte Licht zündete das Holz in Zeit von 1 bis 2 Minuten so an, daß es nicht nur schwarz wurde, sondern schon etwas Gluth zeigte. Die Stralen waren daselbst in der Verhältniß von 12^2 zu 84^2 , folglich 49mal, oder wenn wir die vom Glase aufgefangene Stralen mit in Anschlag bringen, etwa 32mal dichter als die gerade auffallende Sonnenstralen. Sehen wir für diese, wie vorhin (§. 260.) 62 Grade des Luftthermometers, so erhalten wir den $62.32 + 1102 = 3086$ sten Grad, als die Wärme, so das Holz erhalten konnte. Eine Hitze, die wenig geringer als Newtons Holzfeuer (§. 264.) ist.

§. 363.

Nun giebt die bloß catoptrische Berechnung, daß bey dem Willestischen Brennspiegel das Sonnenbild 5 Zoll innerhalb des Brennpuncts einen Diameter von 31 Linien hatte. Der Diameter des Brennspiegels oder seine Oefnung war von 457 Linien. Demnach müßten die Stralen in Verhältniß von 31^2 zu 457^2 oder 217mal, und mit Abrechnung des vom Spiegel nicht zurück geworfenen Lichtes etwa 100mal dichter als die gerade auffallende Sonnenstralen gewesen seyn, und folglich noch dreymal dichter als bey meinem Brennglase 2 $\frac{1}{2}$ Zoll innerhalb des Brennpuncts. Dieses verwandelte, in Zeit von 1 bis 2 Minuten, Holz in Kohlen.

Daß nun der Willefche Spiegel 5 Zoll innerhalb des Brennpuncts dieses nicht nur nicht gethan, sondern kaum die Wärme vom 190sten Fahrenheit'schen Grad hervorgebracht haben soll, dieses zu erklären, müßten alle Umstände des Versuches genauer bekannt seyn.

§. 364.

Ein Tschirnhausensches Brennglas von 48 Zoll oder 576 Linien Diameter soll nach Boerhavens Aussage, mittelst eines Sammelglases die Stralen in einen Raum von 8 Linien Diameter, folglich 5184mal verdichtet haben. Da aber die Gläser über die Hälfte der Stralen auffingen, so wird die Verdichtung wohl nicht über 2000mal gegangen seyn. Es ist aber dieses noch immer 5mal mehr als bey dem Willefchen Brennspiegel, (§. 360.) und so konnte die Hitze 25 bis 30mal stärker als die von schmelzendem oder weißglühendem Eisen seyn. Man begreift demnach, daß die Wirkungen 5mal schneller als bey dem Spiegel erfolgen konnten.

§. 365.

Da man den Brenngläsern und Brennspiegel, mittelst behöriger Bedeckung eine jede beliebige kleinere Oeffnung geben kann, so läßt sich die Wirkung der Sonnenstralen dadurch dergestalt vermindern, daß sie nur einen bestimmten Grad erhält, welcher eben hinreichend ist, eine gegebene Wirkung hervor zu bringen. Ich habe mich 1757 im Heumonath Nachmittage um 5 Uhr, dieses Umstandes bedient, um zu finden, welche Oeffnung einem Brennglase zu geben sey, damit dasselbe gerade hinreichte, Papiere von verschiedener Weise anzuzünden. Ich bedeckte das Glas mit einem schwarzen Blatt Papier, so weit es nöthig war, und berechnete nachgehends die Größe der noch übrigen Oeffnung. Das Glas ist das im §. 17ten der Photometrie beschriebene. Der Versuch gab folgendes:

Ganze Oeffnung	∴ ∴ ∴ ∴ ∴ ∴	= 1,00.
weißes Papier zu brennen	∴ ∴ ∴ ∴ ∴ ∴	= 0,66.
dickes Packpapier von gelbgrauer Farbe		
zu brennen	∴ ∴ ∴ ∴ ∴ ∴	= 0,38.
braungraues Holz anzubrennen	∴ ∴	= 0,33.
dunkelblau Packpapier anzubrennen	∴ ∴	= 0,15.
schwarzes Papier anzubrennen	∴ ∴	= 0,09.

Die Papiere und das Holz brennten nicht augenblicklich an, sondern erst, nachdem sie das Maximum der Erhitzung erreichten. Da die Sonne schon dem Untergange zueilte, und im Sommer selbst an hellen Tagen, die Luft am Horizonte nicht sehr durchsichtig ist, so sind die Stralen durch die Luft schon sehr geschwächer worden. Aus der Rechnung ergiebt sich auch, daß sie durch das Glas, nach Abzug der vom Glase noch aufgefangenen Stralen (Photom. §. 520.), 110mal müßten verdichtet werden, um das schwarze Papier anzubrennen, da bey der Mittagssonne eine 30malige Verdichtung schon würde hinreichend gewesen seyn. (§. 362.)

§. 366.

Die bekannte Erzählung von den Archimedischen Brennspiegeln, haben mehrere Gelehrte auf die Gedanken gebracht, daß sie aus flachen Spiegeln möchten zusammengesetzt gewesen seyn, und besonders hat der Hr. v. Buffon sich deswegen viele Mühe gegeben. Es ist auch überhaupt leicht zu begreifen, daß wenn die Sonnenstralen, mittelst vieler solcher Spiegel auf einen Fleck gerichtet werden, dadurch ebenfalls eine vielfache Verdichtung der Sonnenstralen erhalten werden kann. An sich betrachtet, ist es auch gleich viel, auf welche Art die Verdichtung erhalten werde. Die Verfertigung solcher Spiegel gründet sich auf gewisse Eigenschaften der Parabel, die ich hier angeben werde.

§. 367.

Es sey aF die Ase, F der Brennpunct der Parabel $a c e$. Ferner sey 12. Figur. $a b$ die halbe Länge des Spiegels, auf dessen Mitte die Ase senkrecht steht. Man mache den Winkel $b F c = b F a$, so wird $b c$ die Parabel in c berühren, und die Triangel $a b F$, $b c F$ werden einander ähnlich seyn. Man verlängere $b c$ in d , so daß $c d = c b$ werde. Sodann mache man den Winkel $d F e = d F c$, so wird $d e$ die Parabel in e berühren, und die Triangel $c F d$, $d F e$ werden einander ähnlich seyn. Man verlängere wiederum $d e$ in f , so daß $f e = e d$ werde. Auf diese Art kann man von f eben so fortfahren, wie man von d fortgefahren hat, und so weit gehen, als man es dienlich erachtet. Fallen nun die Stralen in einer mit der Ase parallelen Richtung auf die Spiegel $a b$, $b d$, $d f$, &c. so werden sie von denselben in solchen Richtungen zurückfallen, die mit den aus der Mitte der Spiegel a , c , e &c. nach dem Brennpuncte F gehenden Linien $a F$, $c F$, $e F$ &c. parallel sind. Den Beweis von der erst erwähnten Ähnlichkeit der Triangel, findet man allenfalls in meinen *Orbit. Comet.* §. 7. Daß ferner a , c , e &c. die Mittelpuncte der Spiegellängen $a b$, $b d$, $d f$ &c. sind, folgt aus der Construction. Nun bleibt noch zu beweisen, daß auf jede der Spiegellängen gleich viele Sonnenstralen fallen, und zurück fallen, (wenn nemlich keine oder wenigstens gleich viele in die Spiegel eindringen.) Zu diesem Ende wird es genug seyn, wenn ich zeige, daß z. E. von $c d$ eben so viel Licht zurück fällt als von $d e$. Man ziehe aus d die Linie $d \gamma$ senkrecht auf $F c \gamma$, und $d \varepsilon$ senkrecht auf $F e \varepsilon$, so ist wegen der Gleichheit der Winkel $c F d$, $d F e$, auch $d \gamma = d \varepsilon$. Da nun die Stralen von $c d$ nach der Richtung $c F$, und die Stralen von $d e$ nach der Richtung $e F$ zurückfallen, so ist $d \gamma = d \varepsilon$ das Maas derselben; und wegen der Einfall- und Rückfallswinkel, auch das Maas der einfallenden Stralen.

§. 368.

Die Länge der Spiegel $a b$, $b d$, $d f$ &c., so wie die Perpendicularären $d \gamma$, $d \varepsilon$ &c. und der Parabel kann nun nach Belieben gegen einander proportionirt werden. Was aber die Breite der Spiegel betrifft, so bestimmt sie sich das

durch, daß man sich gedenkt, die Parabel werde um ihre Aze gedreht, und daß sämtliche Spiegel ein parabolisches Polyhedrum vorstellen, welches die Linie aF zur Aze hat. Der Spiegel a b wird wenigstens als ein reguläres Sechseck geschnitten. Man kann ihm auch mehrere Seiten geben. An jede Seite schließt sich ein Spiegel b d an, dessen Breite von b nach d zunimmt, weil der Punct d weiter von der Aze absteht als b . Eben so schließt sich an jeden Spiegel b d ein Spiegel d f an &c.

§. 369.

Da es bey den Brennsiegeln unbequem und hinderlich fällt, daß der Körper, den man dem Brennpunct aussetzt, den Spiegel beschattet, so ist man bey dieser Zusammensetzung, nicht daran gebunden, dieses Hinderniß zuzulassen. Man kann die von a entferntere Spiegel allein bey behalten, ohne die Parabel ganz um ihre Aze zu drehen. Ein schief abgeschnittenes Stück des Polyhedri wird immer auch zum Brennen dienlich seyn. Man erhält noch überdies einen gedoppelten Vortheil. Denn fangen $z. E.$ die Spiegel erst bey f an, so wird die Brennweite fF größer als aF war. Und von den schiefen auffallenden Lichtstralen werden desto mehrere zurück geworfen. (Photom. §. 693—695.) Der ganze Spiegel wird übrigens auch dadurch merklich größer, wenn gleich viel Stralen darauf fallen sollen.

§. 370.

Man ist übrigens auch nicht daran gebunden, die Spiegel nach einer parabolischen Wölbung zu stellen. Man kann sie an ein flaches Brett dergestalt mit Schrauben befestigen, daß man ihnen die jedesmal erforderliche Neigung geben kann. Diese Neigung bestimmt sich ohne Mühe. Es seyn A, B, C, D die Mittelpuncte der Spiegellängen, F die Mitte des Brennpunctes, aA, bB, cC, dD &c. die parallel einfallenden Sonnenstralen, die von den Mittelpuncten A, B, C, D nach F zurückgeworfen werden sollen. Mit diesen Stralen zieht man FM parallel, und beschreibt aus F einen halben Circul $M\delta N$ von beliebiger Größe; so müssen die Spiegellängen mit den Chorden $M\alpha, M\beta, M\gamma, M\delta$ &c. parallel gestellt werden.

§. 371.

Bey solchen aus ebenen Flächen zusammengesetzten Brennsiegeln, kömmt nun eine Art von Halbschatten vor. Es sey einer der Planspiegel AB , so stellen CAc, DBd die Durchschnitte der Lichtkegel vor, deren Spitze in A, B ist, und welche bis zur Sonne verlängert dieselben ganz umschließen. Die Zurückwerfung giebt diesen Lichtkegeln die Lage LAl, MBm . Solche Kegel gedenke man sich als nach gleicher Richtung von jedem Punct des Spiegels ausgehend. Nun er giebt es sich ohne Mühe, daß in dem Raume ANB , so wie auch in dem Raume MNI von allen Kegeln Licht ist. Außerhalb dieser beyden Raume fällt von desto wenigern Kegeln Licht hin, je näher man den äußersten Linien AL, Bm kömmt.

Dieses abnehmende Licht hat mit dem, was man Halbschatten nennt, eine vollkommene Ähnlichkeit, und ist auch in der That eine Art von Halbschatten. N ist der Ort, wo durchaus nur Halbschatten ist, welcher in N die meiste Klarheit hat, und von N nach n , zu immer dunkler wird. Setzt man demnach, der Brennpunct der Spiegel soll in Ml seyn, so hat man eigentlich nur auf das Licht zwischen Ml Rechnung zu machen, weil dieses allein seine volle Stärke hat. Ist der Körper, den man dem Brennspiegel aussetzt, größer als Ml , so dienen die in $L M$, $l m$ fallende schwächere Stralen, um den Körper auch außerhalb $M m$ etwas zu erwärmen, und in sofern sind sie nicht ganz unnütze. Die Klarheit in Ml ist übrigens bey einem runden Spiegel in umgekehrter Verhältniß des Quadrates von $F f$, wenn F, f mitten im Halbschatten genommen werden. Diese Regel geht aber nur an, so fern $F f$ weiter als N entfernt ist. Denn in ANB ist es aller Orten gleich heile.

§. 372.

Will man aber für die Puncte Ml die außerhalb N liegen, die Rechnung genauer machen, so stellt man sich vor, daß Auge sey in einem beliebigen Punct g , und man bestimmt, den wievielten Theil von der Sonne es im Spiegel sehen kann, welche Figur auch immer der Spiegel haben mag. Diesem Theile ist die Helligkeit oder Dichtigkeit der Sonnenstralen in g proportional. Kürze halber kann man sich begnügen, den Punct g in der Mitte zu nehmen, und für denselben die scheinbare Figur und Größe des Spiegels zu bestimmen. Man beschreibt sodann einen Circul, welcher die scheinbare Größe der Sonne nach eben dem Maßstabe vorstellt, und zeichnet die scheinbare Figur des Spiegels so, daß wenn sie nicht ganz in den Circul gebracht werden kann und eckigt ist, die Ecken und Seiten so wenig als möglich hervorragen. Sodann rechnet man nach, der wievielte Theil des Circuls bedeckt ist, und diesem ist die Helligkeit in g proportional.

§. 373.

Die Brennspiegel und Brenngläser thun überhaupt die Wirkung, welche die Sonne selbst thun würde, wenn die Erde um so viel näher bey der Sonne wäre. Man gedenke sich die Oeffnung des Brennglases oder Brennspiegels um so viel kleiner, als die Verhältniß der einfallenden zu den durch- oder zurückfallenden Stralen es erfordert. Man gedenke sich, das Auge sey im Brennpunct, und man bestimme den scheinbaren Halbmesser dieser verminderten Oeffnung. Wäre nun die Erde der Sonne so nahe, daß ihr scheinbarer Halbmesser eben die Größe hätte, so würde das Sonnenlicht eben die Wirkung thun, die das Glas oder der Spiegel bey der nicht verminderten Oeffnung thut, und der Unterschied würde nur darinn bestehen, daß die Wirkung der Sonne nicht in einem kleinen Brennpunct eingeschränkt wäre, sondern sich über die ganze Erdoberfläche verbreiten würde. Dieser Unterschied hätte aber allerdings und in andern Absichten sehr viel auf sich.

§. 374.

S. 374.

Indessen wollen wir uns einen runden Körper gedenken, der alle Hitze auszuhalten fähig sey. Wir wollen ferner sehen, die Sonne könne demselben 60 Grade des Luftthermometers Wärme geben. Würde nun dieser Körper auf die Oberfläche der Sonne gebracht, so würde die Dichtigkeit der auffallenden Sonnenstrahlen in der Verhältniß des scheinbaren Sonnentellers zur halben Kugelstäche vermehrt. Man setze den Durchmesser der Sonne von 32 Minuten eines Grades, so wird bemeldtes Verhältniß, wie das Quadrat des Sinus von 8 Minuten zum Quadrat des Sinus von 45 Graden, folglich wie 1 zu 92329 seyn. Diese Zahl mit den 60 Graden des Luftthermometers multiplicirt, giebt 5539740 Grade, eine 1100 bis 1400mal größere Hitze als die von schmelzendem Eisen. (S. 92.)

S. 375.

Nun ist das Licht des Vollmondes 500000mal schwächer als das Sonnenlicht. (Photom. S. 1078.) Wenn demnach der Himmel rund herum dichte mit Vollmonden besetzt wäre, so würden von den 5539740 Graden nur der $\frac{1}{500000}$ the Theil, demnach nur 11 Grade Wärme dadurch entstehen. Es würde auch in einer solchen Nacht, da der Himmel mit lauter Vollmonden besetzt wäre, nicht viel oder noch weniger helle seyn, als es unter Tagen bey hellem Himmel ist, wenn eine einzelne kleine Wolke vor der Sonne steht. Denn bey hellem Himmel sieht man den Mond unter Tagen nicht immer, wenn gleich derselbe über dem Horizonte ist, und ziemlich volles Licht hat. Der Himmel ist alsdann merklich heller als der Mond, weil seine Klarheit, die vom Monde unempfindlich machet: Nun habe ich bereits (S. 287.) angemerkt, daß ein so heller Himmel ein Thermometer um $\frac{1}{2}$ dessen kann steigen machen, was es an der Sonne steigt, demnach etwa 20 Grade des Luftthermometers. Dieses ist also fast doppelt mehr als die erstgerfundene 11 Grade von einem mit lauter Vollmonden besetzten Himmel.

S. 376.

In Ansehung der Brenngläser und Brennspiegel bleibt nun noch ein Umstand, welcher hier zu betrachten ist. Man kann sie nemlich von ganz ähnlicher Figur größer oder kleiner machen, und dann wird auch das Sonnenbild in gleicher Verhältniß größer oder kleiner. Die Helligkeit aber bleibt einerley. Nun hat die Erfahrung längst schon gelehrt, daß dieser gleichen Helligkeit unerachtet, das größere Bild mehr Hitze giebt als das kleinere. Und dieses ist der Grund, warum man auf Verfertigung größerer Brennspiegel und Brenngläser Bedacht nehmen mußte, wenn man stärkere Wirkung hervorbringen wollte.

S. 377.

Es kommt hiebey viel auf die Größe der Körper an, die man in den Brennpunct legt, weil die Wärme sich so, wie sie von den Sonnenstrahlen erregt

wird, sich von dem Orte, wo die Stralen auffallen, durch den ganzen Körper verbreiten, und dadurch häuft sich die Wärme weniger und langsamer auf. Nun sammelt ein kleiner Brennglas weniger Stralen, wenn es sie auch gleich dicht zusammen bringt. Demnach ist auch aus diesem Grunde die Erhitzung geringer und langsamer. Man begreift daher, daß ein größeres Brennglas eine bleyerne Kugel schmelzen kann, da ein kleineres kaum ein bleyerne Schrot schmelzt. Das Maximum der Erwärmung ist n 7 (S. 270.) Hier ist nun n in gerader Verhältniß der Dichtigkeit der Sonnenstralen und der Größe des Sonnenbildes, und in umgekehrter Verhältniß des Raumes den der Körper einnimmt. 7 aber in gerader Verhältniß dieses Raumes und in umgekehrter Verhältniß der Oberfläche des Körpers, (S. 260.) folglich ist n 7, wie die Menge der auffallenden Stralen durch die Oberfläche des Körpers getheilt. Die Farbe und die Materie des Körpers kommt hier ebenfalls in Betrachtung, wie bey dem gerade auffallenden Sonnenlichte. (S. 274:281)

§. 378.

Das Sonnenlicht ist nun auch das einige, welches in Absicht auf die Erwärmung in Betrachtung kommen kann. Das Mondlicht ist, wie wir erst gesehen haben, (S. 375.) viel zu geringe, weil der ganze Himmel mit Monden besetzt, nur 11 Grade des Luftthermometers Wärme hervorbringen könnte. Das Licht unseres irdischen Feuers ist kaum etwas heller als das Mondlicht, wenn beyde mit bloßem Auge angesehen werden. Dieses folgt aus dem im 1075ten §. der Photometrie beschriebenen Versuch, wo jedoch wegen eines Rechenfehlers $2''93$, anstatt $2''3$ zu lesen, und das folgende darnach zu verbessern ist, da sodann der letzte Erfolg $L : C = 1 : 2,167$, oder das durch die Luft aufgefangne Mondlicht mitgerechnet, $L : C = 1 : 1,3$ seyn wird, so daß die Helligkeit eines Falllichtes mit Augen gesehen, nur $\frac{1}{3}$ heller ist als das Mondlicht, außer der Atmosphäre erscheinen würde. Bey dem irdischen Feuer haben wir demnach dessen Wärme nicht als Licht, sondern eigentlich als Wärme zu betrachten, weil das Licht desselben viel zu wenig Wärme giebt, als daß es sich der Mühe lohnte, darauf Rücksicht zu nehmen. Dieses ist auch aus der gemeinen Erfahrung bekannt. Man halte ein sehr durchsichtiges Glas vor das Gesicht, so ist man gegen das stärkste Caminfeuer geschützt, so lange das Glas nicht selbst nach und nach erwärmt wird. Ich habe mit einem großen Brennglase das Bild eines starken Ofenfeuers auf die Hand fallen lassen, und nicht die geringste Wärme dabey empfunden, wiewohl es mir übrigens vorkam, daß wenn ich die Hand schnell an den Ort des Bildes hielt, ich einen von den auffallenden Lichtstralen herrührenden sehr schwachen Stoß empfunden hatte. Das Glas, und eben so auch andere durchsichtige Körper, sondern demnach das Licht des irdischen Feuers von dessen übrigen Wärme ab, weil sie das Licht theils zurück werfen, größtentheils aber durchfallen lassen, ohne daß Zeit darüber vergienge. Undurchsichtige Körper nehmen ebenfalls die Wärme lange nicht

so geschwinde an, als sie den nicht zurückfallenden Theil der Lichtstralen in sich nehmen. Dieses geschieht augenblicklich, jenes sehr langsam.

§. 379.

Da demnach die meiste auf die Körper fallende Wärme von denselben zurückgeworfen wird, so kann man mit Brennsiegeln erhalten, was mit Brenngläsern nicht angeht. Man hat auch nach Zahns Bericht längst schon in Wien den Versuch angestellt, daß man die Hitze eines Kohlfuers mit einem großen Brennspiegel von 18 Zoll Brennweite auffieng, und in der Entfernung von 20 bis 24 Fuß auf einen kleinern Spiegel von 9 Zoll Brennweite richtete, welcher die Wärmestralen wiederum dergestalt sammelte, daß Zunder, und mit demselben ein Schwefelfaden angezündet werden konnte.

§. 380.

Es seyn solche zween Spiegel A E B, C F D, und E F H deren gemein: 15. Figur: schaftliche Are. Die Kohlen stehen in K, und wenn wir, Kürze halber, das Feuer derselben als sphärisch ansehen, so wird die Linie E C den halben Diameter K L bestimmen, welcher gerade groß genug ist, damit alle von dem Spiegel A B zurückgeworfene Wärmestralen auf den Spiegel C D fallen, die ausgenommen, welche das Kohlfuer selbst wieder auffängt, weil es im Wege steht. Ferner treffen die Linien A C, B D verlängert bey H in die Are, und E C verlängert, bestimmt den Halbmesser des vom ersten Spiegel A B in H gemachten Bildes H G. Wenn endlich der Vereinigungspunct der Stralen, die der Spiegel C D zurück wirft, in M ist, so giebt die Linie G F N den Halbmesser dieses Bildes M N an. Und die Verdichtung, der vom Spiegel A B zurückgeworfenen Stralen, wird nach der zweyten Zurückwerfung so ziemlich, wie M N² zu A K² seyn. In dieser Verhältniß würde demnach die Erwärmung in M größer als die in E seyn, wenn die Stralen auf den ganzen Spiegel A B mit gleicher Dichtigkeit auffielen. Da sie aber am Rande weniger dicht auffallen, weil die Entfernung größer ist, so geht um so viel ab, als diese Verminderung austrägt. Die Erwärmung in E ist nun aber geringer als unmittelbar am Kohlfuer, und zwar in Verhältniß vom Quadrate des Halbmessers zum Quadrate des Sinus von K E L = C E F. (§. 348.) Wenn nun die glühende Kohlen in einer eisernen Gluthpfanne in K gestellt werden, wie es bey Zahns Versuche wirklich geschehen, so wird dem vorhin beschriebenen Versuche zufolge, die Erwärmung dicht an der Gluthpfanne, nur etwa 1265 Grade des Luftthermometers betragen haben, (§. 353.) und so mag die Erwärmung

$$\text{in E} = 1265. \text{ Sin C E F}^2 \text{ Grad,}$$

und die in M geringer als

$$1265. \text{ Sin C E F}^2. \left(\frac{A K}{M N}\right)^2$$

gewesen seyn.

§. 381.

Bei Zahns Versuche war nun $CD = \frac{1}{2} AB$, wenn man nemlich setzt, beyde Spiegel haben eine ähnliche Figur gehabt. Bei dieser Voraussetzung wird sodann ziemlicher maassen $GH = AK$, und $KM = MH$. Und wegen der großen Distanz beyder Spiegel kann ohne merklichen Fehler

$$MN = \frac{GH \cdot MF}{EM} = \frac{AK \cdot MF}{EM}$$

und

$$\sin CEF = \frac{AK}{2 \cdot EM} = \frac{CM}{EM}$$

demnach die Erwärmung in M

$$= 1265 \cdot \left(\frac{CM}{MF}\right)^2$$

gesetzt werden. Wenn demnach CM gerade nur so groß als MF oder der Bogen CFD von ungefähr 60 Graden war, so wird die Erwärmung in M = 1265 Grad, oder so groß als dicht an der Gluthpfanne gewesen seyn. Es geht aber aus vorhin erwähntem Grunde davon etwas ab, und überdies mag auch noch etwas abgehen, weil eben nicht alle auf die Spiegel fallende Wärmestralen davon zurückprellen. Denn die Spiegel selbst werden nach und nach etwas erwärmt, und da ist klar genug, daß die hineindringende Wärme, die eben nicht geringe ist, nicht zu der zurückgeworfenen gerechnet werden kann. Es kann nun hinwiederum auch seyn, daß $CM > MF$ gewesen. Da mir aber die Umstände des Versuches nicht hinreichend bekannt sind, so lasse ich es dabey bewenden, daß man aus diesem nur beyläufigen Ueberschlage noch ziemlich sehen kann, daß der Erfolg des Versuches sehr wohl möglich gewesen.

§. 382.

16. Figur.

Den 8ten April 1777. stellte ich einen hohlen papiernen Cylinder DHIE und zwey Thermometer A, G, so, daß als die Gluthpfanne in KL gestellt wurde, die Distanzen $CA = CB = 8$ Zoll, $CF = 12$ Zoll waren. Die Gluthpfanne war die im §. 351. gebrauchte, sie war aber diesesmal mehr und mit stärkerer Gluth angefüllt, ehe sie in das Zimmer gebracht worden. Die Mitte der Gluth hatte mit den Thermometern gleiche Höhe. Ich sieng hierauf an, das Steigen beyder Thermometer, und besonders das Maximum zu beobachten. Beyde waren Anfangs bey 14,6ten Reaumur'schen Grade. Das Thermometer A stieg bis zum 32,9ten, und das Thermometer in F bis zum 20,8 Grade. Diese Grade nach der Tafel (§. 140.) auf Grade des Luftthermometers reducirt, sind 1067, 1094, 1144. Es war also die Erwärmung von A = 77 Gr. Die von F = 27. Demnach erhielt das Thermometer A fast 3mal mehr Wärme als das Thermometer F.

§. 383.

Nun ist wegen der gleichen Entfernung die Dichtigkeit der Wärmestralen in B eben so groß als in A. Wenn ferner der Cylinder alle durch die Oeffnung D E auf seine innere Seite fallende Stralen zurückwürfe, so würden durch H I eben so viele herausfahren als durch D E hineingekommen sind. Damit aber würden auf das Thermometer eben so viele Wärmestralen gefallen seyn, als wenn es in B oder auch in A gestanden hätte. Es hätte demnach eben so viel als das Thermometer A erwärmt werden müssen. Der Versuch giebt aber, daß es fast 3mal weniger Wärme erhielt. Der Diameter des Cylinders war 17 Linien, seine Länge 4 Zoll. Daraus folgt, daß ungeachtet mehrere Stralen gerade durchgingen, dagegen auch mehrere zweymal zurück geworfen wurden, und folglich doppelten Verlust litten. Uebrigens war der Cylinder inwendig nicht geglättet, und so mag dieses ein Grund mit gewesen seyn, warum weniger Wärmestralen zurück fielen. Ich hatte auch den Cylinder mit einem papiernen Rande umgeben, damit er nicht von außenher erwärmt werden sollte.

§. 384.

Ich habe nun oben (§. 271.) gezeigt, daß das Maximum der Wärme n 7, welches ein vor dem Feuer stehender Körper erhält, von demselben nach eben der logarithmischen Linie erhalten wird, nach welcher er es in einer Luft erhalten würde, welche die Wärme n 7 hätte. Der Körper erhält demnach in beyden Fällen in gleicher Zeit gleich viel Feuertheilchen, und der Unterschied ist nur, daß er sie am Feuer bloß an der gegen das Feuer gekehrten Seite, in der Luft aber durch seine ganze Oberfläche erhält. Da nun dessen unerachtet ihre Menge gleich ist, so folgt, daß die Feuertheilchen im ersten Fall dichter auffallen als im letztern Fall. In beyden Fällen werden aber von der Oberfläche mehrere der auffallenden Feuertheilchen zurück geworfen. Es ist dieses also ein Grund mit, warum ein kalter Körper die Wärme der Luft langsam annimmt.

§. 385.

Man ist überhaupt der Meinung, daß die Wärme in einer innern Bewegung der Feuertheilchen bestehe, und ihre Kraft mehr durch Stoßen als durch bloßes Drucken äußere. Der Druck würde auch zu mehreren Wirkungen des Feuers viel zu unthätig seyn. Diese innere Bewegung gedenke ich mir nun aber nicht, wie wenn sie in dem innern der Feuertheilchen selbst wären, sondern als eine bloße Fortsetzung der Bewegung, die die Feuertheilchen einmal erhalten haben. Mit dieser Bewegung dringen sie in die Körper, stoßen an deren innern Theilen unter allen Winkeln an, werden von denselben zurückgeprellt, und fahren sodann wieder an andere an *zc.* und so circuliren sie mit unzähligen Wendungen im Körper herum, bis sie etwa an dessen Oberfläche kommen, und von da herausfahren, wogegen aber auch andere wieder herein kommen.

S. 386.

Bei dieser Vorstellungsart kann man sich nun durch einen Körper eine nach Belieben gezogene Ebene gedenken, und es wird folgen, daß wenn der Körper in allen Theilen gleich warm ist, in jedem Zeittheilchen, gleich viele Feuertheilchen durch diese Ebene hin und her gehen. Man gedenke sich nun ferner, die Wärme sey auf beyden Seiten der Ebene ungleich, oder sie werde auf der Seite A mit einemmale geringer gemacht; so werden zwar in dem ersten darauf folgenden Zeittheilchen $d\tau$ noch eben so viele Feuertheile dy aus B gegen A durch die Ebene gehen. Hingegen gehen nun aus A nach B nicht mehr so viele, sondern nur $d\eta$, weil ihre Dichtigkeit in A von y auf η herunter gesetzt worden. Die Seite B verliert also wirklich $dy - d\eta$ Feuertheilchen, die nicht mehr wieder ersetzt werden. Setzt man, die Ebene sey so gezogen, daß sie den Körper in zween gleiche Theile theilte, so wird auch die Menge der Feuertheilchen wie y zu η seyn. Da demnach in diesem Fall $dy : d\eta = y : \eta$ ist, so folgt, daß $dy - d\eta$ dem Ueberschusse $y - \eta$ proportional sey. Ist hingegen A größer, so wird B die Feuertheilchen $dy - d\eta$ eben so wie vorhin verlieren, ohne daß sie wieder ersetzt werden. Da aber diese in A sich durch einen größern Raum ausbreiten, so wird ihre Dichtigkeit dadurch vermindert, und dieses zieht für die folgenden Zeittheilchen eine andere Verteilung der Wärme nach sich. Diese Betrachtung giebt nun an, daß die Feuertheilchen, um welche die Wärme von B wirklich vermindert wird, nicht die einigen sind, die aus B in A übergehen, sondern nur die, so mehr herüber gehen als wieder zurückkommen. Auf diese Art leuchtet mir das von Newton zuerst gebrauchte Gesetz (S. 251.) klarer ein, als wenn Martine es aus dem der Geschwindigkeit proportionalen Widerstande herleiten will. (S. 253.)

S. 387.

Man gedenke sich nun z. E. eine Thermometerkugel, die halb in Wasser gesenkt wird, und halb in der Luft sey. Wasser und Luft haben gleiche Wärme, die Kugel aber sey wärmer, und zwar in allen Theilen gleich warm, so daß gegen alle Theile ihrer innern Oberfläche gleich viele Feuertheilchen anfahren. Da nun das Thermometer im Wasser 8 bis 10mal geschwinder erkältet als in der Luft, so müssen von den gegen die der Luft ausgesetzte halbe Oberfläche anfahrenen Feuertheilchen 8 bis 10mal weniger durchgehen, als von denen, so gegen die vom Wasser benetzte halbe Oberfläche anfahren. Nun fahren gleich viele an. Demnach müssen von der ersten Fläche mehrere wieder zurückprallen als von der andern. Hierinn hat die Wärme mit dem Lichte einige Aehnlichkeit. Es fällt z. E. von der innern Oberfläche eines Glases mehr Licht zurück, wenn man das Glas in der Luft hält, als wenn diese Oberfläche auf dem Wasser liegt. Man hat, um dieses zu erklären, die anziehende Kräfte zu Hülfe genommen, und mittelst derselben wird man das Zurückprallen der Wärme wenigstens eben so gut erklären können. Dieses

Zurückprallens der Wärme habe ich übrigens bereits (§. 310.) bey Anlaß eines Versuches Erwähnung gethan, der nicht anders, als mittelst desselben sich erklären läßt.

§. 388.

Es erkläret sich nun als eine fernere Folge von diesen Betrachtungen, warum bey dem Erwärmen und Erkälten der Körper nicht die absolute Wärme y , η , sondern nur der Ueberschuß $y - \eta$ in Betrachtung kömmt. Denn wenn von dem Körper B, der die Wärme y hat, die Feuertheilchen $d y$ in den Körper A übergehen, dessen Wärme nur η ist, so gehen aus diesem in jenen nur $d \eta$ Feuertheilchen, und da ist $y: d y = \eta: d \eta$. Und die Feuertheilchen, die der Körper B wirklich verliert, sind nicht $d y$, sondern nur $d y - d \eta$. Und diese sind in Verhältniß, nicht von y , sondern von $y - \eta$. Und dieses geht so weit, daß selbst die in vorhergehendem Hauptstücke betrachtete Ausbreitung der Wärme, die sich nach den Quadraten der Distanz richtet, nicht die Wärme y , sondern nur den Ueberschuß $y - \eta$ betrifft. (§. 347.) Dieses macht nun aber, daß man, Kürze halber, sich begnügen kan, die Feuertheilchen $d y - d \eta$ allein als solche anzusehen, die aus B in A übergehen, dafern man nicht besondere Gründe hat, sowohl $d y$ als $d \eta$ an und für sich zu betrachten. Ich habe mich im vorhergehenden auch immer dieser abgekürzten Ausdrücke bedient; und überdies noch vom Gleichgewichte gesprochen, so oft $d y = d \eta$ gesetzt werden mußte, weil allerdings, wenn $d y = d \eta$ ist, die von der Bewegung, dem Anstoßen und Zurückprallen der Feuertheilchen herrührende Wirkungen einander gleich sind, und ein immer wiederkehrendes Stoßen, die Stelle eines in einem fortdrückenden Kraft vertreten kann.

Drittes Hauptstück.

Verbindung der Ausbreitung mit dem Zurückprallen der Wärme.

§. 389.

Das erst erwähnte Zurückprallen eines Theiles der Feuertheilchen von der innern Oberfläche der Körper, hat nun in Ansehung der Ausbreitung der Wärme, die sich nach dem Quadrate des Abstandes richtet, einen besondern Erfolg, so oft der Körper von nicht unendlicher Größe ist. Man sehe, um diesen Erfolg sogleich durch ein Beispiel zu erläutern, einen Körper in den Brennpunct eines Brennglases, so daß das Sonnenbild nur auf einen kleinen Theil seiner Oberfläche treffe: so wird eigentlich nur dieser Theil unmittelbar erwärmt. Von da

216 Verbindung der Ausbreitung mit dem Zurückprallen der Wärme.

an breitet sich aber diese Wärme in dem Körper nach allen Gegenden aus, und wird, in sofern in umgekehrter Verhältniß des Quadrats der Distanz schwächer. Auf diese Art würde es auch ins Unendliche fortgehen, wenn der Körper unendlich groß wäre. Da wir aber denselben von mäßiger Größe setzen, so stößt endlich die sich ausbreitende Wärme an die innere Oberfläche des Körpers an. Ein Theil mag durchdringen, aber der größere Theil prellt von da wieder zurück, bis er wiederum irgend an die innere Oberfläche anfährt, wo sodann aufs neue ein Theil durchgeht, der übrige Theil zurückprallet ic. Ich kann übrigens nochmals erinnern, daß auch hier immer nur, nicht von $d y$, sondern von $d y - d \eta$ (§. 388. 389.) die Rede ist. Auf diese Art vertheilt sich demnach die mittelst des Brennglases in dem Körper gebrachte Wärme durch denselben dergestalt, daß das Quadrat der Distanz aufhört, in Betrachtung zu kommen, ungefähr eben so, wie ich vorhin (§. 383.) 16. Fig. in Ansehung des Cylinders D H I E sagte, daß wenn in demselben alle Wärme zurückprallte, durch H I so viele Feuertheilchen herausfahren würden, als durch D E herein kommen.

§. 390.

Ich sagte erst, das Quadrat der Distanz höre auf in Betrachtung zu kommen. Dadurch verstehe ich nicht, daß es vom ersten Augenblicke an, aufhöre. Die Zurückprallungen, und besonders die erstern, müssen bereits vorgegangen seyn. Es zeigt aber der vorhin (§. 387.) erwähnte Versuch (§. 310.), daß selbst in kleinen Körpern dazu oft mehrere Minuten erfordert werden, wenn die Vertheilung der Wärme endlich so geschehen soll, daß die Erkältung logarithmisch erfolgen könne. Die Bewegung der Wärme in dichten Körpern ist ziemlich langsam.

§. 391.

Wenn die Wärme nicht durch einen Theil, sondern durch die ganze Oberfläche des Körpers in denselben eindringt, so dringt nicht nur in gleicher Zeit mehr Wärme ein, sondern die Vertheilung im Körper geht auch geschwinder von staten. Denn wenn $\frac{1}{2}$ E. der Körper sphärisch ist, so wird in jeder concentrischen Schale die Wärme in derselben gleich vertheilt, und größer seyn, wenn sie dem Mittelpunct näher ist. Da es zu weitläufig seyn würde, die Vertheilung der Wärme nach allen Zurückprallungen zu berechnen, so habe ich nur die gerade fortgehende Wärme berechnet, und finde, daß wenn der Halbmesser der Kugel = r , und der von einer beliebigen Schale = r gesetzt wird, die Wärme dem Ausdrücke

$$\frac{1}{r} \cdot \log. \frac{1 + 2r + r^2}{1 + r^2}$$

proportional, und daher im Mittelpunct etwa 3mal größer als am Rande ist. Wenn nun immer mehrere Wärme von außen in den Körper eindringt, so häuſet sie sich in demselben auf, bis endlich eben so viele Wärme aus demselben heraus geht, als eindringt, und so wird der Körper endlich in allen Theilen gleich warm,

so

so daß durch jede Ebene, die man sich durch den Körper gezogen gedenket, in gleicher Zeit gleich viel Wärme hin und her geht.

§. 392.

Diese Betrachtungen dienen nun einzusehen, wie die verschiedene einander entgegen scheinende Gesetze der Pyrometrie, beyammen bestehen. Das Zurückprallen von der innern Oberfläche ändert die Richtung und weist die Wärme wiederum näher gegen den Ort zurück, wo sie hergekommen war. Die Ausbreitung nach den Quadraten der Distanz geht also nur so weit als die Wärme noch nicht zurückgeworfen wird. Sobald aber dieses geschieht, höret das fernere Ausbreiten auf, weil die Oberfläche des Körpers demselben Ziel setzt, und anstatt alle Wärme frey durchzulassen, gewöhnlich den größten Theil zurückwirft. Und hiebei geschieht alle Bewegung der Wärme deswegen, weil vom kältern Ort weniger Feuertheilchen gegen den wärmern fahren als von diesem gegen jenen. Was also aus dem wärmern Ort mehr wegfährt, geht demselben ab und fällt dem kältern zu gute. Hieraus folgt die Ausbreitung nach dem Quadrat der Distanz, sofern diese nicht durch das Zurückprallen von der Oberfläche eingeschränkt und geändert wird. Aus allem diesem folgt sodann die Vertheilung der Wärme, die zur einformigsten Erwärmung und Erkältung die schicklichste ist. (§. 318.)

Viertes Hauptstück.

Die Geschwindigkeit im Fortgange der Wärme.

§. 393.

Die durchsichtigen Körper haben das besonders, daß sie dem Lichte einen geradelinichten Durchgang verstatten, sobald dasselbe einmahl durch ihre Oberfläche hindurch ist. Dieses findet in Ansehung der Wärme nicht statt. (§. 278.) Sie dringt langsam in die Körper, und nimmt darinn den Weg, den die Zwischenräumchen offen lassen, das will sagen, nach allen möglichen Richtungen, und Zurückprallungen von den Theilchen der Körper nach allen Einfallswinkeln. Dieses macht nun, daß wenn von der Geschwindigkeit, mit welcher die Wärme sich fortpflanzt, die Rede ist, eine mittlere Geschwindigkeit muß verstanden werden. Es sey CA die Richtung, nach welcher die Fortpflanzung geschieht, und zugleich auch die Geschwindigkeit der Feuertheilchen. Da nun diese sich nach allen Gegenden bewegen, so ist offenbar, daß einem Feuertheilchen, dessen Richtung und Geschwindigkeit CM ist, eigentlich nur die Geschwindigkeit QM zugerechnet werden könne, weil es sich von dem Durchschnitte BCD in gleicher Zeit nur um QM entfernt. Man sehe nun $CA = 1, MCA = \varphi$; so ist $QM = \cos\varphi$. Nun ist $2\pi \cdot \sin\varphi \cdot d\varphi$ die Menge der Feuertheilchen, welche die Geschwindigkeit $QM = \cos\varphi$ haben, folglich $2\pi \sin\varphi \cdot \cos\varphi \cdot d\varphi$ die Summe ihrer Geschwindigkeiten, und demnach, wenn man integrirt und $\varphi = 90^\circ$ setzt, die ganze

Ge

17. Figur.

Summe = π . Diese durch die ganze Summe der Feuertheilchen $2\pi l \sin\phi$, $d\phi = 2\pi$ getheilt, giebt die verlangte mittlere Geschwindigkeit = $\frac{1}{2}$, folglich gerade die Hälfte der absoluten Geschwindigkeit $CA = 1$.

§. 394.

Aus der gemeinen Erfahrung ist mir ein einiger Umstand bekannt, wo die Geschwindigkeit, womit Kälte und Wärme in der Luft sich fortpflanzen, einigermaßen geschätzt werden kann. Dieser Umstand ereignet sich im Winter, wenn man in der warmen Stube ist und eine Thüre geöffnet wird, auch eine Weile offen bleibt, wie es z. E. geschieht, wenn mehrere Personen zugleich herein kommen oder heraus gehen. Wenn man in der Stube weit von der Thüre weg ist, so wird eine oder mehrere Secunden Zeit vergehen, ehe man besonders an den Füßen die einbrechende Kälte zu empfinden anfängt. Eigentlich geht die Wärme heraus, und zwar erstlich zunächst bey der Thür, sodann auch von den entferntern Orten des Zimmers. Die Empfindung ist merklicher, je mehr die Stube warm und die äußere Luft kalt ist. Ich erinnere mich aber nicht, daß daher eine Aenderung in der Geschwindigkeit entstehe, womit die Kälte eindringt, oder eigentlicher zu reden, die Wärme sich heraus zieht, wenn nicht etwa der Wind dazu kömmt.

§. 395.

Vor mehrern Jahren ließ ich mir von überzinnem Bleche einen auf bey-
 28. Figur. den Seiten umgebognen Cylinder a B E t g H D c machen, und an der einen Biegung eine Scheidewand B D einlöthen, damit ich z. E. in den Arm a B D c warmes, und in den andern Theil kaltes Wasser gießen konnte, ohne daß sich beydes mit einander vermengte. Die Scheidewand B D war ebenfalls von dünnem Bleche, damit die Wärme leichter aus dem warmen Wasser in das kalte übergehen konnte. Der Diameter des Cylinders war von $22\frac{1}{2}$ Linien rheinl. a B = f E = 54 Linien, und B E = 108 Linien, und die Biegungen rechtwinklicht. Als diese Röhre auf dünnen Füßen wagrecht stand, goß ich den Theil B D H G F E voll Wasser bis in G F, etwa 6 Linien unter g f, und hieng ein Reaumurisches Weingeistthermometer T K in dasselbe, so daß die Kugel 2 Zoll tief im Wasser war. Die Kugel K betrug genau 7 Pariser Linien, und damit war ihre Erkältungs-Subtangente in der Luft von eben so vielen, nemlich 7 Minuten Zeit. (§. 261.) Im Wasser mußte sie demnach 8 bis 10mal kleiner sey. (§. 263.) Ich fand sie auch, vermittelst eines deswegen angestellten Versuches von etwa 48 Secunden.

§. 396.

Als nun das Thermometer den Grad der Wärme des Wassers angenommen hatte, und 12,8 Gr. zeigte, ließ ich in den Theil a B D c siedend Wasser gießen, bis in A B ebenfalls einen halben Zoll unter a c. Dieses geschah den 1sten Hornung 1777. Nachmittag, als die Penduluhr, vor welcher der Cylinder stand 2 Uhr 49 Minuten zeigte. Von dem Augenblicke an gab ich genau auf das

Thermometer Achtung, um zu sehen, ob ich den Zeitpunkt bemerken könnte, da es zu steigen anfangen würde. In den ersten 37 Secunden war nicht das geringste zu merken, dann aber schien es einen $\frac{1}{5}$ Grad höher zu stehen, und zu Ende der ersten Minute war es $\frac{1}{5}$ Grad gestiegen. Von da an aber stiege es zusehens, so daß es in 30 Secunden schon 3 ganzer Grade höher war. Ich fuhr fort es zu beobachten, und beobachtete mit einem andern kleinern Thermometer die Wärme, die in A B unter der Oberfläche des Wassers noch übrig war. Ich tauchte es nemlich ein, und bemerkte das Maximum seines Steigens, welches notwendig der Wärme, die das Wasser alsdann hat, gleich ist. Dieses Eintauchen wiederholte ich jedesmal von neuem. Denn wenn ich es darinn hätte hängen lassen, so würde es immer etwas wärmer als das nach und nach erkältende Wasser geblieben seyn, wiewohl, da die Erkältungs-Subtangente dieses Thermometers im Wasser kaum eine halbe Minute ist, der Unterschied nicht sehr groß würde gewesen seyn.

S. 397.

Die beobachteten Grade sind nun folgende:

Zeit.		Grade in	Grade un-	Zeit.		Grade in	Grade un-
St.	"	K.	ter A C.	St.	"	K.	ter A C.
2	49	0	12, 8	3	7	0	20, 4
		37	12, 85		8		20, 3
	50	0	12, 9		9		20, 2
		30	15, 9		10		20, 15
	51	0	17, 3		13		37, 5
		30	18, 3		15		19, 9
	52	0	18, 9		19.	30	31, 0
		30	19, 5		20		19, 8
	53	0	19, 8		25		19, 5
		30	20, 0		28.	30	27, 5
	54	0	20, 15		30		19, 3
	55	0	20, 4		35		18, 9
	56		20, 6		43		22, 0
	57		20, 7		45		18, 6
	58		20, 7		55		18, 1
	59		20, 8	4	12		17, 4
3	0		20, 8		13		18, 0
	1		20, 7		25		16, 85
	2		20, 7		58		15, 7
	3		20, 65	7	16		13, 2
	4		20, 6		&c.		
	5		20, 55				
	6		20, 4				

Et 2

S. 398.

Da das Thermometer T K, so klein auch seine Erkältungs: Subtangente im Wasser ist, die Wärme desselben nicht augenblicklich ganz annimmt, so zeigte es auch, zumal in den ersten Minuten, die Wärme des Wassers nicht. Diese muß demnach erst aus dem Steigen des Thermometers gefunden werden. Zu die-
 19. Figur. sem Ende trug ich die Zeiten auf die Abscissenlinie A C, und richtete die Grade des Thermometers als Ordinaten auf. Durch deren Endpuncten ließ sich sodann die krumme Linie A B M D ziehen, deren Ordinaten demnach das Steigen des Thermometers vorstellen. Mittelt dieser krummen Linie war nun eine andere A B E N D zu finden, welche das Erwärmen des Wassers in K (18. Fig.) vorstellen soll. Diese Linie mußte demnach von der Beschaffenheit seyn, daß wenn man nach Belieben einen Punct M nimmt, und an denselben eine Tangente M T zieht, und dieselbe, so wie auch die Ordinate P M so weit verlängert, bis ihre Entfernung oder die Perpendicular N T der Erkältungs: Subtangente des Thermometers gleich wird, das will sagen, bis N T, auf A C gemessen, 48 Secunden beträgt. Auf diese Art erhält man den dem Punct M entsprechenden Punct N. P M ist die Erwärmung des Thermometers, und P N die vom Wasser in K (18. Fig.)

S. 399.

Es ergab sich nun hieraus, daß die krumme Linie A B E N D sich von B an fast ganz gerade aufwärts zieht, und dieses will sagen, daß das Wasser in K (18. Fig.) nach Verfluß der ersten Minute einen merklichen Grad von Wärme mit einemale erhielt. Wenn ich mich aber richtiger und eigentlicher ausdrücken soll, so kann diese Wärme nicht, wenigstens nicht ganz als die vom Wasser angesehen werden, und zwar aus gleichen Gründen, aus denen ich oben sagte, daß die Sonnenstralen (S. 250.), und eben so auch die Wärmestralen des Feuers, (S. 346.) wenn sie durch die Luft fahren, die Luft nicht wärmer machen, als sie zunächst am Schatten ist. Hier fährt nemlich die Wärme von der Scheidewand B D (18. Fig.) nach K, und von da bis an die Oberfläche des Wassers G F, wo sie zum Theil wieder zurück fährt, (S. 387.) und da immer neue hinzu kömmt, sich nach und nach aufhäufet. Indessen steigt das Thermometer dennoch so, als wenn das Wasser diese Wärme hätte. (S. 271.) Ich merke auch diesen Unterschied hier nur an, weil es sich daraus deutlicher ergibt, daß eigentlich nicht die Erwärmung des Wassers, sondern die Bewegung der Wärme eine Minute Zeit gebrauchte, um von der Scheidewand B D bis zur Kugel in K zu kommen, und daß sie, so zu sagen, mit voller Macht, und nicht nach und nach, anlangte. Der Weg mag ziemlich genau 8 Zoll betragen. Und da wir dieses als die mittlere Geschwindigkeit anzusehen haben, (S. 393.) so folgt, daß die absolute Geschwindigkeit der Feuertheilchen im Wasser 16 Zoll in eine Minute beträgt. Zum Gebrauche aber müssen wir es bey den 8 Zollen bewenden lassen, weil bey der Fortpflanzung der Wärme die schiefe und veränderliche Richtungen des Weges jeder

einzelu Feuertheilchen weiter nicht in Betrachtung kömmt, und es dabey auch nicht die Frage ist, ob ein und eben das Feuertheilchen den ganzen Weg zurück legt, oder ob andere an dessen Stelle kommen.

S. 400.

Die Minute Zeit, welche die Wärme gebrauchte, um bis an die Kugel K zu kommen, fällt nun aus der Rechnung weg, die man wegen des Steigens des Thermometers T K vornehmen kann. Denn ehe die Wärme in K anlangt, kann das Thermomeer nicht steigen. Die Rechnung selbst setzt voraus, daß man wenigstens drey logarithmische Linien gebrauchen müsse, weil das Thermometer, das Wasser in B F, und das Wasser in B C als drey verschiedene Körper anzusehen sind. (S. 317.) Ich sage, wenigstens drey, weil wenn die anfänglichen Abweichungen zu stark seyn sollten, um dieselben dennoch in die Rechnung zu ziehen, mehrere erforderlich seyn würden. (S. 319.) Ich habe indessen einen Versuch mit dreyen gemacht, und für die Grade des Thermometers von 2 Uhr 50 Min. angerechnet, folgende Formel gefunden:

$$\begin{aligned}
 y &= nI (0,96442 - 0,003953 \cdot \tau) \\
 &- nI (0,59106 - 0,09691 \cdot \tau) \\
 &- nI (0,71600 - 0,50851 \cdot \tau) \\
 &+ 12,8 \text{ Gr.}
 \end{aligned}$$

Die Zeit τ wird in Minuten genommen, und nI bedeutet die Zahl des in (...) eingeschlossenen Logarithmen. Diese Formel giebt folgende Werthe:

Zeit. τ .	y beobach: tet.	y berechn. net.
0	12,8	12,8
1	17,3	17,2
2	18,9	18,9
3	19,8	19,7
4	20,1	20,1
5	20,4	20,3
6	20,6	20,5
7	20,7	20,6
8	20,7	20,7
9	20,8	20,8
10	20,8	20,8
15	20,6	20,7
30	19,8	19,8
60	18,3	18,1
82	17,4	17,4
128	15,7	15,7
266	13,2	13,2

§. 401.

Von den drey zu dieser Berechnung gebrauchten logarithmischen Linien, ist die letzte eigentlich die, welche das Thermometer selbst angeht. Sie hat auch den Werth

$$\frac{0,43429}{0,50851} \cdot 60'' = 51''$$

zur Subtangente, welches von den vorhin erwähnten von 48'' wenig unterschieden ist. Hingegen ist die erste der drey logarithmischen Linien die Asymptote der Erklärung des ganzen Systems. (§. 318.) Die Subtangente ist

$$\frac{0,434294}{0,003953} = 110 \text{ Minuten.}$$

§. 402.

Bei diesem Versuche kann es unerwartet scheinen, daß da in den Theil der Röhre B C siedendes Wasser gegossen worden, das Thermometer T K doch nicht mehr als bis auf 20,8 Gr. stieg. Man begreift aber doch, daß die Wärme sich in einen über 4mal größern Raum vertheilen mußte, und daß während der Zeit auch viele Wärme in die Luft wegging. Auch giebt der Versuch, daß eben zur Zeit, wo das Thermometer T K sein Maximum erreichte, in B C nicht mehr volle 56 Grad Wärme waren. Diese 56 Grad sind nach dem Reaumur'schen Quecksilberthermometer nur 49 Grad. (§. 123.) Das Wasser in B C hatte demnach $80 - 49 = 31$ Grad Wärme verloren. Wenn nun das Wasser in B F durchaus das Maximum der Wärme gehabt hätte, so würde es doch nur $20,8 - 12,8 = 8$ Grad des Weingeistthermometers oder $19,9 - 12,4 = 7,5$ Grad des Quecksilberthermometers gehabt haben. Nun verhält sich der Raum B C zum Raum B F, wie 3 zu 10. Also werden zu diesen 7,5 Graden Wärme in B F, $\frac{10}{3} \cdot 7,5 = 25$ Grad Wärme in B C erfordert. Demnach sind von den 31 Graden, so das Wasser in B C in den ersten 9 Minuten verloren, wenigstens 25 Grad in das Wasser B F hinüber gegangen. Ich sage wenigstens. Denn vor der übergangenen Wärme gieng inzwischen auch etwas in die Luft weg, so daß also wirklich etwas mehr als die 7,5 Gr. müssen in B F gewesen seyn.

§. 403.

Den 12ten April 1777. wiederholte ich den Versuch mit der Abänderung, daß ich in B f kein Wasser gosse, um zu sehen, wie das Thermometer T K steigen würde, nachdem in B c siedend Wasser gegossen worden. Dieses siedende Wasser konnte demnach das Thermometer nicht anders als mittelst der Erwärmung der Luft zwischen B K zum Steigen bringen. Und da die Röhre in g f offen blieb, so konnte die Wärme sich wenig aufhäufen. Da ferner die Wärme sich in der

Luft sehr schnell ansbreitet, so brauchte dieselbe vielleicht mehr Zeit durch die Scheidewand B D zu dringen, als den ganzen Raum B K zu durchlaufen. Ich sahe also voraus, daß ich mittelst dieses Versuches die Geschwindigkeit der Wärme in der Luft nicht würde bestimmen können, weil die Länge B K viel zu geringe ist. (S. 394.) Es war mir aber auch mehr um die übrigen Umstände, und dann auch um den Grad der Wärme zu thun, den das Thermometer erreichen würde. Im Zimmer blieben Fenster und Thüren geschlossen, und ich blieb still vor dem Thermometer sitzen, damit die Luft in B f ganz still bliebe. Die beobachteten Grade sind nun folgende:

Zeit.		Grade.	Zeit.		Grade.	Zeit.		Grade.
St.	"		St.	"		St.	"	
0	11 0	16,85	0	18 0	19,4	0	28 0	20,9 +
	9	16,9		15	5	30	30	9 +
	30	16,95		30	6	29 0	0	95
	50	17,0		45	7	30	30	95
12	0	17,1	19	0	8	30 0	0	95
	15	17,2		15	9	30	30	95
	30	3		30	9 +	31 0	0	95
	45	4		45	9 +	32 0	0	95
13	0	5	20	0	19,95	33		9 +
	15	6		15	20,0	34		9
	30	65		30	05	35		85
	45	75		45	1	36		8 —
14	0	85	21	0	15	37		75
	15	17,9		15	2	38		65
	30	18,0		30	25	39		55
	45	1		45	3	40		50
15	0	2	22	0	4	41		4
	15	3		30	5	42		3 +
	30	5	23	0	6	43		20,3
	45	6		30	65	1 1	1	19,2
16	0	7	24	0	75	2	2	19,0
	15	8		30	8 +	3	3	18,9
	30	85	25	0	8 +	4	4	18,9
	45	18,93		30	8 +	42		17,6
17	0	19,0	26	0	8 +	47		17,4
	15	1		30	85	2 13	13	16,8
	30	2	27	0	85			
	45	19,25		30	9			

Nachdem das Thermometer bereits sein Maximum erreicht hatte, tauchte ich ein ander Thermometer in das Wasser, um zu sehen, wie viel Wärme es noch übrig behalten. Ich fand

Zeit.	Grade.
St. /	
0 33	50,0
42	43,0
1. 4	31,0
45	23,0
2. 13	20,0.

Die Luft im Zimmer hatte inzwischen ziemlich einerley Wärme behalten. Denn der Ofen erkältete und die Sonne wärmte, und so blieben die übrigen im Zimmer befindlichen Thermometer ohne merkliche Veränderung.

§. 404.

Als ich für die erste Viertelstunde die Zeiten als Abscissen, die Grade des Thermometers über 16,8 als Ordinaten zeichnete, fand ich, daß die Endpuncten der Ordinaten in einer sich schlängelnd aufwärts ziehenden Linie lagen. Man kann dieses auch schon an den Zahlen sehen, weil sie etwas ungleichförmig und zuweilen fast gar nicht zunehmen. Dieses kann nicht wohl anders als dadurch erklärt werden, daß zwischen der warmen Luft im Cylinder und der kältern Luft, außer demselben, kein völliges Gleichgewicht statt findet, sondern die Luft darinn so circulirt, daß die kältere sich nach *f F E B* herunter zieht, während dem sich die wärmere nach *D H g* heraus bewegt.

§. 405.

Das Thermometer erreichte sein Maximum später als im vorhergehenden Versuche. Hiezu trugen verschiedene Ursachen bey. Einmal ist desselben Erkältungs-Subtangente in der Luft 8 bis 10mal länger als im Wasser. Sodann erkältete hier das Wasser in *B D* langsamer, weil ganz umher nur Luft war. Von diesem Erkälten hängt nun aber das Maximum des Thermometers ab. Denn wenn auch die Wärme bliebe, so würde das Thermometer mehrere Minuten Zeit brauchen, sie zu erreichen. So aber erreichet es die anfängliche Wärme der Luft nicht, weil diese wieder erkälter.

§. 406.

Sodann zeigt dieses Maximum für die Zeit, da es statt findet, nur die Wärme der Luft in *K* an. Diese ist aber nothwendig geringer als die Wärme der Luft bey der Scheidewand *B D* ist, und zwar wegen der einförmigsten Erkältung (§. 318. 319.), und dann aus eben den Gründen, wie bey der eisernen Stange (§. 327.) Sie nimmt also von *B D* an durch die ganze Länge des Canales logarithmisch ab, und ist oberhalb *g* wenig größer als die Wärme der äußern Luft.

Luft. Eine ähnliche Abnahme fand auch in dem vorbergehenden Versuche statt. Sie war aber unbeträchtlicher, weil die Wärme von der innern Wasserfläche GF größtentheils wieder zurückprallte.

Fünftes Hauptstück.

Bewegung der Wärme mit den Materien, worinn sie sich befindet.

§. 407.

Das Feuer, oder dessen Theilchen, sind selten, oder nie ganz allein. Sie hängen sich gern an andere Materien an, und besonders an solche, die Fette sind. Die Scheidekünstler, sondern das Feuer, oder ihr brennliches Wesen, Phlogiston, nur in Gedanken von den brennenden Materien ab, und zweifeln, ob man es jemals in der That und reinweg werde absondern können. Diese genaue Verbindung des Feuers mit andern Materien ist es nun, was dem irdischen Feuer eine etwas träge und grobe Natur giebt, und machet, daß es nur langsam in die Körper eindringet, und größtentheils von denselben zurückgeworfen wird, auch wenn es einmal in den Körpern ist, langsam aus denselben wieder weggeht. Die helle Gluth in einem verlöschenden Funken, ist das letzte und vielleicht das reineste Feuer, so aus demselben weggeht. Hingegen ist in der hellsten lichterlohe brennenden Flamme ein dichter Rauch und Ruß, der an die darüber gehaltene Körper sich desto mehr anlegt, je fetter der brennende Körper ist. Die Luft scheint ebenfalls Materien zu enthalten, welche dem Feuer zur Nahrung dienen, da es mit dem Brennen im luftleeren Raume schlecht aussieht.

§. 408.

Man hat sich dieser Umstände längst schon bedient, das Feuer nach Belieben und Erforderniß zu leiten, wohin man es haben will, und zwar bloß dadurch, daß man der Luft den gehörigen Zug verschaffet. Mehrentheils geschieht es um dem Rauche einen Ausgang zu verschaffen, indem man demselben durch Schorsteine den Weg bahnet. Und da mit dem Rauche immer noch viele Hitze weggeht, so hat man bey Einrichtung der Stubenöfen Bedacht darauf genommen, die Flamme und den Rauch in denselben durch mehrere Gänge durchzuführen, damit die Hitze an mehreren Seiten anschlage und dem Zimmer zu gute komme. Man hat sogar in den unter sich treibenden Ofen die Flamme gezwungen, abwärts zu steigen und ihren Rauch noch besser zu verbrennen. Und endlich, wo der bloße Druck und Zug der Luft nicht stark genug war, ist man mit Blasebälgen zu Hülfe gekommen; so wie man hinwiederum in den Reverberir: Ofen darauf ge-

sehen hat, daß die Flamme durch das Zurückprallen die Oberfläche des untergelegten Metalles oder andern Körpers treffen möge. Zurweilen hat man auch ein Feuer durch das andere angeblasen, um den Zug desselben noch mehr zu verstärken.

§. 409.

Man sieht ohne Mühe, daß in allen diesen Fällen die Bewegung der Wärme kaum anders in Betrachtung kommt, als sofern sich die Luft bewegt, und daß eigentlich die Wärme nur als die Ursache von der Bewegung der Luft hier zu erwägen ist. Sie verzehrt die Luft, oder wenigstens das Brennbare in derselben, und macht sie dadurch, so wie auch durch die Ausdehnung, dünner und leichter. Die hieher gehörigen Untersuchungen sind demnach mehr hydraulisch als pyrometrisch, und wenn z. E. bey dem Zurückprallen der Ein- und Rückfallswinkel vorkommt, so kann dieses nicht mit der Genauigkeit geschehen, die bey dem Lichte statt hat, sondern nur so, wie es bey dem Winde und dem Wasser statt findet. Die Flamme brennt eben nicht geradelinigt auf, und wenn sie irgend anschlägt, so wölbet sie sich im Zurückprallen mit einer sehr sichtbaren Randung. Die Lichtstrahlen hindern einander nicht, und so geht jeder seinen Weg, wie wenn er ganz allein wäre. Dieses verhält sich bey der Flamme anders. Sie muß als eine flüssige Materie angesehen werden, die nach den Wendungen, die man ihr giebt, fortströmet, und wo der Ein- und Rückfallswinkel nur dient, um überhaupt ihre Richtung zu bestimmen. Sofern aber die Feuertheilchen sich von der Flamme, so wie auch von der Gluth losmachen, fahren sie in ziemlich gerader Richtung durch die Luft, und da kommt dann der Ein- und Rückfallswinkel genauer vor, wie man es an dem oben (§. 379 — 381.) beschriebenen Versuche mit den Brennsiegeln sehen kann.

§. 410.

Wenn man demnach nicht nur die Flammen, sondern auch diese seitwärts von derselben, und der Gluth wegfahrende Feuertheilchen in einen engeren Raum zusammen zu bringen, und dadurch die Hitze verstärken will, so kommt der Ein- und Rückfallswinkel aus beyden Gründen in Betrachtung, und hat den widersinnig-scheinenden Erfolg, daß man den Raum um die Flamme und das Feuer herum

20. Figur. Anfangs erweitern muß, ehe man ihn enger zusammenzieht. Man sehe das Feuer brenne auf A B, und man wolle den Ofen nach den Linien A D, B C verengern, damit die Flamme und alle Hitze in D C zusammenkomme, so wird zwar die Flamme, weil sie immer nach der Höhe steigt, in D C kommen, hingegen wird man in Ansehung der seitwärts ausfahrenden Feuertheilchen seines Zweckes größtentheils verfehlen. Denn so z. E. treffen die aus P nach M fahrenden Feuertheilchen in M senkrecht auf, und prellen wiederum nach M zurück. Auch die nach P N ausfahrenden Feuertheilchen, prellen nach Q und von Q wieder zurück.

§. 411.

Die Theorie solcher Zurückprallungen ist mit der catoptrischen einerley. Sieht man z. E. dem Ofen die Gestalt $A F E D C B$, so daß die Hitze des auf $A B$ brennenden Feuers, und dessen Flamme, so viel möglich, in den engen Raum $E D$ zusammenkommen soll, so müssen die Seiten $A F$, $F E$, $B C$, $C D$ als Spiegel angesehen werden. Nun haben die Planspiegel die Eigenschaft, daß das Bild des Feuers eben so weit hinter denselben ist, als das Feuer vor denselben steht, und daß die Stralen nach solchen Richtungen von denselben zurück fallen, als wenn sie aus dem Bilde herkämen. Selbst das Bild in dem einen Spiegel hat sein Nachbild in dem andern, und eben so lassen sich zweyte, dritte u. Nachbilder gedenken.

§. 412.

Auf diese Art sind demnach $A b$, $A' B'$, $B a$, $B'' A''$ die Bilder des Feuers hinter den Spiegeln $A F$, $F E$, $B C$, $C D$. Ferner ist $b a$ das Nachbild des Bildes $B a$, und $a \beta$ das Nachbild des Bildes $A b$. Und eben solche Nachbilder sind $B' a'$, $b' a'$, $B'' a''$, $A'' b''$. Endlich sind $a' \beta'$, $b' a'$, $b'' a''$, $a'' \beta''$ zweyte Nachbilder, nemlich Nachbilder von den Nachbildern $b a$, $a \beta$. Weiter war es unnöthig, Nachbilder zu zeichnen, weil die Wärme nach zweymaligem Zurückprallen schon sehr geschwächt ist (§. 383.), und weil, wenn die Feuertheilchen nach dem Zurückprallen in die Flamme treffen, sie von derselben mit fortgerissen werden, besonders, wenn obnehin schon ihre Richtung aufwärts geht.

§. 413.

Man setze nun, daß von einem beliebigen Punct P Feuertheilchen nach R ausfahren, so prallen sie von R zurück als kämen sie aus dem Bilde ω des Puncts P . Eben so werden die aus P nach M fahrende Feuertheilchen den Weg $M N Q$ nehmen, als wenn sie aus dem Bilde p und dessen Nachbilde π herkämen. Die Einfallswinkel, besonders der gerade auffallenden Stralen sind bey dieser Figur größtentheils sehr schiefe, und dieses trägt dazu bey, daß destomehr Wärme zurückprallt, und der Hitze, die man in $E D$ verstärkt erhalten will, zu gute kömmt. So viel man aus allen zwischen $E D$ liegenden Puncten Linien nach dem Feuer in $A B$, dessen Bildern $A b$, $B a$, $A' B'$, $B'' A''$, und deren Nachbildern ziehen kann, nach eben so vielen Richtungen kömmt auch Wärme in $E D$. Nur geben die Bilder weniger als das Feuer selbst, und die Nachbilder weniger als die Bilder. Die Summe wird aber dessen ungeachtet beträchtlich, zumal da auch die Flamme, so an $F E$, $C D$ anschlägt, sich ganz in $E D$ zusammenzieht. Ründet man übrigens die Ecken in A , B , C , D , E , F etwas ab, so sieht man, daß die Figur ensörmig wird, und mit der ellyptrischen Wölbung viele Aehnlichkeit erhält.

S. 414.

Da man aus diesen Gründen selbst in denen Fällen, wo man die Hitze in einen engern Raum vereinigen will, derselben Anfangs mehr Raum geben muß, so wird dieses um desto nothwendiger, wo man sie wirklich verbreiten will, wie es z. E. in den Caminen geschieht, wo die Hitze des Feuers sich durch das Zimmer

22. Figur. verbreiten soll. Gauger in seiner *Mechanique du feu* schlägt daher mit gutem Rechte vor, daß man dem Heerde der Camine nicht die rechtwinklige Figur a B C d, sondern die gegen das Zimmer erweiterte A B C D geben soll. Wenn er übrigens sagt, es würde gut seyn, den Seiten A B, D C eine parabolische Wendung zu geben, so ist dieses ein sehr unerheblicher Umstand. Die Wände werden eben nicht spiegelglatt gemacht, und der Brennpunct der Parabel ist ein einzelner Punct, da hingegen das Feuer gewöhnlich auf der ganzen Länge B C brennet. Man behält übrigens die Wahl, die Ecken in B, C etwas abzurunden. Der Hauptfehler der Camine ist übrigens, daß die meiste Hitze durch den Schornstein aufwärts geht, und dem Zimmer nur nützet, wenn man die Flamme und den Rauch aus dem Camin in einen über demselben stehenden Ofen leitet, und die zum Anblasen des Feuers nöthige Luft durch eine unter dem Boden des Zimmers gehende Röhre, von außen her, in das Camin leitet.

S. 415.

Von der Leitung der Wärme in andern flüssigen Materien ist mir sürnemlich der Fall bekannt, da zu Pfeffers, in der Schweiz, das natürlich warme Mineralwasser von der Quelle bis zum Badhause in hölzernen Röhren 500 bis 600 Schritte weit geleitet wird. Da dieses Wasser in der Quelle die Wärme des menschlichen Blutes hat, und daher so, wie es ist, zum Trinken und Baden gebraucht werden kann, ohne daß es besonders müßte gewärmt werden, so war sürnemlich zu hindern, daß es in dem langen Canal, durch den es nach dem Badhause geleitet wird, unterwegs so wenig als möglich ist, von seiner Wärme verliere. Daß zu diesem Ende der Canal geschlossen und das Holz der Röhre dicke seyn mußte, versteht sich von selbst. Die Erkältungs: Subtangente wird aus beyden Gründen größer. Das Hauptwerk kömmt aber darauf an, daß das Wasser so geschwinde, als immer möglich ist, durch den Canal fließe. Denn je weniger es sich in demselben aufhält, desto weniger hat es Zeit zum Erkälten. Auf die Kürze der Zeit kömmt hier alles an. Die Quelle giebt in jeder Minute 240 Cubicfuß Wasser, wovon aber nur 180 in die Röhre geleitet werden, weil man nicht mehr gebraucht. Die äußere Breite der Röhre ist 1 Fuß, die Höhe 8 Zoll. Die innere Breite aber 10 Zoll und die Tiefe 5 Zoll. Die Geschwindigkeit des Wassers beträgt 8 Fuß in einer Secunde Zeit. Das Wasser gebraucht demnach ungefähr $2\frac{1}{2}$ Minute Zeit von der Quelle bis nach dem Badhause zu kommen. Die Erkältungs: Subtangente mag nach einem beyläufigen Ueberschlage von etwa

20 Minuten seyn. Nun ist das Wasser im Sommer etwa 16 Reaumur'sche Grade wärmer als die äußere Luft. Daher haben wir die Regel detri

$$20: 2\frac{1}{2} = 16: 2.$$

welche angiebt, daß das Wasser unterweges 2 Grade von der Wärme verlieret, die es in der Quelle hat. Wirklich angestellte Versuche stimmen damit überein, und daraus folgt, daß, wenn die Erkältungs-Subtangente größer seyn sollte als hier angenommen worden, die Geschwindigkeit kleiner genommen werden müßte, und hinwiederum diese größer, wenn jene sollte kleiner seyn. Der Zufluß des Wassers ist übrigens auch nicht alle Jahre gleich groß, noch die äußere Luft immer gleich warm. Ich habe ihre Wärme im Sommer nur auf 14 bis 16 Grade gesetzt, weil das Bad in einem Thale oder sogenannten Tobel liegt, wo die Sonne kaum eine Stunde lang hin scheint.

Sechstes Hauptstück.

Das Aufsteigen der Wärme.

§. 416.

Sofern die Wärme die flüssigen Materien ausdehnt, macht sie dieselben leichter, und nöthiget sie zum Aufwärtssteigen. Dieses geschieht z. E. bey dem siedenden Wasser, weil das Wasser, so ganz unten im Topfe oder Kessel ist, zuerst und unmittelbar erwärmt wird. Ueberdies macht die Erwärmung, daß die Luft aus den Zwischenräumen des Wassers herausgeht, und in Form von kleinen Bläschen in die Höhe steigt. Bey stark siedendem Wasser macht wohl auch die Wärme sich selbst Raum, und dringet in großen Blasen, die weniger Luft als Dünste enthalten, aufwärts. Das Aufwallen des siedenden Wassers entsteht eben daher.

§. 417.

Ein solches Aufsteigen der Wärme bemerket man auch in festen Körpern. Wird das Ende einer eisernen Stange horizontal ins Feuer gelegt, so ist die Subtangente (§. 327.) kürzer, als wenn die Stange an dem von dem Feuer weggekehrten Ende mehr erhoben wird. Ich habe indessen bey dem oben (§. 336.) gebrauchten Drat den Unterschied nicht sehr groß gefunden. Denn als ich den 17ten April 1777. das eine Ende desselben in eben das Lampenlicht hielt, so daß der Drat mit dem Horizonte einen Winkel von 43 Graden bildete, fand ich, daß Wachs höchstens um zwey Dratdiameter weiter von dem Lichte stieß, und demnach die Subtangente nur um $\frac{1}{4}$ Theil länger wurde, als wenn der Drat horizontal lag. Dieser Unterschied würde größer seyn, wenn ich den Drat lothrecht über

das Licht gehalten hätte. Es würde aber alsdann die vom Lichte aufsteigende Hitze viel dazu beigetragen haben. Dieses aber sollte vermieden werden.

S. 418.

Bei der Luft hat hingegen das Aufsteigen der Wärme mehr auf sich, und machet, daß des Winters die Luft an der Decke der Stuben um einige Grade wärmer ist als am Boden. Ich habe, um den Unterschied durch Beobachtungen zu bestimmen, den 23sten Hornung 1777 Vormittags um 10 Uhr, ein Thermometer dem Ofen und dem Fenster gegen über an Boden gelegt, und fünf andere Thermometer an eine Latte gebunden, so daß, als ich die Latte eben dahin stellte, die Kugeln der Thermometer 2, 4, 6, 8, 10 Fuß über den Boden erhöht waren. Ein Viertel nach 12 Uhr fand ich, daß sie

in der Höhe von	0	2	4	6	8	10 Fuß.
bey den Graden	11, 4	12, 2	14, 6	15, 8	15, 7	16, 7 —
Und um halb 3 Uhr						
bey den Graden	11, 5	12, 0	13, 2	14, 6	14, 4	15, 3 —

Stunden. Es war den Tag über Thauwetter, so, daß das Thermometer, vor dem Fenster nach Nordwest zu, beim Frierpunct war. Ich hatte diese Thermometer mehrere Tage so gelassen, und fand, daß die in der mittlern Höhe nicht immer nach dem Maas ihrer Höhe größere Wärme anzeigten. Der Zug der Luft, die Bewegung derselben, das Zurückprallen der vom Ofen ausfahrenden Wärme sind Gründe genug für solche Ungleichheiten. Ich habe ähnliche Ungleichheiten gefunden, als ich vier Thermometer in ein Glas stellte, und nur so viel Wasser dar ein goß, daß die auf dem Boden stehende Kugeln bedeckt wurden. Das Glas war cylindrisch von 3 Zoll Durchmesser und 4 Zoll Höhe. Ich beobachtete sie den 16ten April 1777. des Morgens bis Mittag bey hellem Wetter, gewärmtem Zimmer und offenem Fenster auf dem Tische am Schatten zu verschiedenen malen, und sie zeigten

	I	II	III	IV
Um 7 Uhr.	13, 2	13, 2	13, 6	13, 5
— 8 Uhr.	13, 7	13, 8	13, 8	13, 9
— 9 Uhr.	13, 3	13, 3	13, 6	13, 8
— 10 Uhr.	13, 9	14, 0	14, 0	14, 2
— 11 Uhr.	13, 6	13, 8	13, 7	14, 1
— 12 Uhr.	13, 6	13, 9	13, 8	14, 1

Ich sahe daraus, daß es in der Verbreitung der Wärme im Wasser kleine Ungleichheiten giebt, die zwar nicht über $\frac{1}{2}$ Grad gehen, indessen aber doch merklich

genug sind, um den Gang der Thermometer ungleich zu machen. Die Durchmesser der Kugeln waren von 8, 7, $5\frac{1}{2}$ und $9\frac{3}{4}$ Linien Rheintl. und die Erkältungs-Subtrahenten sind in gleicher Verhältniß ungleich. Da aber die größte nicht über eine Minute beträgt, so konnte von daher keine merkliche Ungleichheit im Steigen und Fallen entstehen.

S. 419.

Bei dem Aufsteigen der Wärme in der Luft hat man sehr darauf zu sehen, ob die Feuertheilchen mit andern Materien verbunden, wie z. E. in der Flamme, dem Rauche, den Dünsten zc. empor steigen. Es hat dieses einen starken Einfluß auf ihre Geschwindigkeit. Die Kraft, womit die Flamme in die Höhe steigt, ist nicht sehr groß. Man blase mit mäßiger Stärke durch eine Röhre BA gegen die Flamme CD eines Lichtes nach der Richtung ACF , so wird die Flamme die Figur CE annehmen, und desto mehr von der Richtung CF aufwärts nach CE gehen, je schwächer man bläst. CF wird die Kraft des Blasens und EF die Kraft seyn, womit die Flamme aufwärts strebet. EF ist hiebei, wenn man ein wenig stark bläset, gegen CF verglichen, sehr kleine. Je mehr übrigens die Flamme CE beim schwächern Blasen aufwärts geht, desto kürzer wird sie, und man muß schon mit einem, wiewohl geringen Grad von Stärke blasen, wenn man auch nur hindern will, daß nichts davon nach D empor steige. Es kommt aber hiebei nicht auf die Länge CE , sondern auf den Winkel ECF oder das Verhältniß $CF:FE$ an, weil dieses eigentlich das Verhältniß der Kräfte ist. Die veränderliche Dichte, Schwere und Wärme der Luft kann hiebei verschiedenes ändern.

S. 420.

Die Flamme ist als ein flüssiger Körper anzusehen, der leichter als die Luft ist, und mit genug Kraft in die Höhe steigt, um die Rauch- und Rußtheilchen mit sich fortzureißen. Die Luft dichte an der Flamme wird durch ihre Hitze etwa 4mal dünner. Denn die Flamme hat genug Hitze, um einen dünnen Eisendraht glühend zu machen. Durch diese dünnere Luft steigt die Flamme. Ihre besondere Schwere muß demnach über 4mal geringer seyn als die von der Luft. Wenn ich mich recht entsinne, hat man unter der Glocke einer Luftpumpe bei dem Auspumpen der Luft gesehen, daß die Flamme sich von dem Dachte losmachet und in die Höhe steigt, endlich aber bei fortgesetzten Auspumpen, und kurz vor dem Verlöschen anfängt, nieder zu sinken. Diesemnach schien sie schwerer als sehr verdünnte Luft zu seyn. Diese Schwere rührt aber mehr von den Rauch- und Rußtheilchen als von dem eigentlich brennlichen Wesen (S. 407.) her, welches sich endlich von diesen Theilchen beim Erkälten derselben losmachet, und ungleich schnell in die Höhe steigt.

S. 421.

Ein solches Aufsteigen der Wärme geht nun in der Luft beständig vor. Denn die Wärme, so die Erde das ganze Jahr durch von der Sonne erhält, geht auch wieder in die Luft hinauf, weil die Erde immer aufs Neue der Sonnenwärme bedarf, um nicht immer kälter zu werden. Sofern nun das Aufsteigen der Wärme von ihrer geringern Schwere herrührt, wird ihre Geschwindigkeit im Aufsteigen immer größer. Dieses macht, daß die Feuertheilchen, die im Aufsteigen aufeinander folgen, immer mehr von einander entfernt werden, ungefähr eben so, wie wenn man z. E. von $\frac{1}{10}$ zu $\frac{1}{10}$ Secunde eine Kugel fallen läßt. Ihre Entfernungen werden, wie die Zahlen 1, 3, 5, 7 &c. zunehmen. Aus diesem Grunde aber wird die Dichtigkeit der Feuertheilchen in der obern Luft, und mit derselben auch die Wärme geringer. In einer Abhandlung über die Dichtigkeit der Luft, die sich in den Mem. de l'Acad. R. de Berlin 1772. befindet, habe ich aus diesen und andern Betrachtungen gefunden, daß die daherrührende Verminderung der Wärme ganz oben in der Luft $\frac{1}{17}$ Theil betragen kann, oder daß die Wärme von unten bis ganz oben, wie 17 zu 12 abnimmt, und wenn x in französischen Klafftern oder Toisen eine jede Höhe über dem Meere oder der Erdofläche, c die Wärme daselbst, und C die am Meere oder an der Erdofläche vorstellt, und $\theta = 4200$ Toisen gesetzt wird, sodann

$$\frac{C}{c} = \frac{17}{12} - \frac{5}{12} \cdot c - x : \theta$$

ist. Hier werden C, c durch Grade des Lustthermometers ausgedrückt. Und man erhält die Werthe

x : θ .	c : C	x Toisen.
0,0	1,0000	0
0,1	0,9618	420
0,2	0,9298	1840
0,3	0,9025	1260
0,4	0,8792	1680
0,5	0,8591	2100
0,6	0,8410	2520
0,8	0,8134	3360
1,0	0,7915	4200
1,5	0,7555	6300
2,0	0,7351	8400
&c.		

So z. E., wenn in Peru am Meere die größte Wärme = 1125 Gr. des Luftthermometers ist, so nimmt dieselbe in der Höhe von 2520 Lachtern, wie 1,0000 zu 0,8410 ab, und ist demnach nur = 946 Gr. des Luftthermometers. Nun ist die Höhe von 2520 Lachtern um 100 Lachter über der untern Grenze des nie schmelzenden Schnees auf den peruvianischen Gebürgen. Und demnach kann die Luft daselbst sehr wohl 54 Grad kälter seyn als der Frierpunct 1000.

§. 422.

Die Geschwindigkeit, mit welcher die Feuertheilchen, die sich von den warmen oder auch brennenden Materien losmachen, von denselben wegfahren, wird wohl nicht geringer seyn als diejenige, womit die Luft in einen luftleeren Raum eindringet. Denn letztere hänget von der Schnellkraft der Luft ab, und diese ist mit der Schnellkraft der Wärme im Gleichgewichte. (§. 47.) Wenn aber die Feuertheilchen dichtere Materien mit sich fortreißen, so wird sowohl wegen der größern Masse als auch wegen des Widerstandes der Luft die Geschwindigkeit geringer. Sollte hingegen das eigentlich reine Feuer mit dem Lichte einerley seyn, so wird demselben die Geschwindigkeit des Lichtes zukommen. Dieses findet nothwendig statt, sofern das Feuer oder andere erhitzte Körper wirklich leuchten. Man kann aber schließen, daß wenn z. E. eine glühende eiserne Kugel beim Erkälten aufhört zu leuchten, dieses nur sagen will, daß das Licht zu schwach werde, um empfindbar zu seyn. Denn am hellen Tage hört es auf zu leuchten, wenn es im Dunkeln noch Licht von sich giebt. Im Dunkeln ist aber der Augenstern mehr offen und das Auge selbst empfindlicher. Aus beyden Gründen kann demnach das Leuchten länger fort dauern.

Der
Pyrometrie
 oder
 vom Maasse des Feuers und der Wärme
 Fünfter Theil.
 Von der Kraft der Wärme.

Erstes Hauptstück.

Die Kraft der Wärme mit den Zusammenhangskräften der
 Körper verglichen.

Erster Abschnitt.

Vorläufige Lehrsätze.

S. 423.

Da die Körper von einem bestimmten Grade der Wärme nur bis auf einen bestimmten Grad ausgedehnt werden, und wenn die Wärme daraus weggeht, wiederum dichter werden, so ist allerdings in den Körpern eine Kraft, welche der Kraft der Wärme entgegenwirkt, bis beyde einander das Gleichgewicht halten. Dieses Gleichgewicht ist es nun, was uns in Stand setzen soll, beyde Arten von Kräften mit einander zu vergleichen. Die Kraft in den Körpern ist diejenige, mit welcher ihre Theilchen zusammenhängen, so daß sie nicht ohne äußere Gewalt getrennt werden können. Sie ist unter dem Namen von Cohäsionskraft längst schon bekannt, und da die Härte, die Zähigkeit, die Festigkeit, und theils auch die Federkraft der Körper davon abhängt, so ist sie auch schon häufig untersucht und durch Erfahrungen bestimmt worden. Die Festigkeit der Gebäude machte solche Untersuchungen sehr nützlich. Noch mehr aber war die Newtonsche Attraction eine nähere Veranlassung dazu.

S. 424.

Man nennt die Cohäsionskraft der Körper absolut, wenn man sich die Kraft gedenkt, welche erfordert wird, z. E. einen prismatischen oder cylindrischen Körper geradeaus zu zerreißen. Wenn es nur nöthig ist, einen solchen Körper in die Länge zu ziehen, oder wie etwa eine Saite zu spannen, so wird, nach Maaße der geringern Spannung eine geringere Kraft erfordert. Diese Kraft wird aber immer noch als absolute betrachtet, wenn sie es gleich in einem geringern Grade ist. Man nennt sie so zum Unterschiede der biegenden oder brechenden Kraft, weil diese seitwärts angebracht wird. Man hat sich schon seit dem vorigen Jahrhunderte viele Mühe gegeben, diese Kräfte, sowohl durch Versuche, als durch Theorie mit einander zu vergleichen. Man hat aber dabey mehrentheils nur auf die äußersten Grade, wobey nemlich ein wirkliches Zerreißen oder Zerbrechen erfolgt, Rücksicht genommen.

S. 425.

Die spannende oder vollends zerreißende Kraft wird allerdings, mittelst angehängter Gewichte am leichtesten bestimmt. Sie ist besonders bey Metallen beträchtlich groß, und dieses machet, daß man nur mit dünnem Drate oder Stäbchen Versuche angestellt hat. Muschenbroeck nahm solche, deren Durchmesser $\frac{1}{10}$ eines Rheintl. Zolles betrug, und fand das zum Zerreißen erforderliche Gewicht

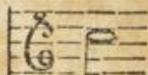
für den Drat

von Kupfer	: : : :	299 $\frac{1}{4}$	Pfund.
Messing	: : : :	360	—
Gold	: : : :	500	—
Eisen	: : : :	450	—
Silber	: : : :	370	—
Zinn	: : : :	49 $\frac{1}{4}$	—
Bley	: : : :	29 $\frac{1}{4}$	—

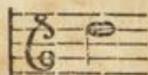
Bey dickerm Drate nimmt die zerreißende Kraft, wie das Quadrat des Diameters zu, und bey dünnerm vermindert es sich in eben der Verhältniß. In Ansehung der weichen Körper ist, zu bemerken, daß sie vor dem Zerreißen dünner werden, und alsdann weniger Kraft nöthig ist. Bey diesem Dünnerwerden, geht einige Zeit vorbei, und dieses ist eine Anzeige, daß man besser thut, wenn man das angehenkte Gewicht sogleich um etwas vermehrt, damit das Zerreißen ohne Verzug erfolge. Uebrigens ist es für sich klar, daß das Zerreißen allemal am schwächsten Orte erfolgt, und daher vor dem Versuche wohl untersucht werden muß, ob an dem Drate nicht irgend ein Riß ist, der das Zerreißen befördert.

§. 426.

Ich habe nun, um hierüber einige Versuche anzustellen, die Theorie der klingenden Saiten zu Hülfe genommen, und dazu messingene und stählerne (vermuthlich aber nur eiserne) Claviersaiten gebraucht. Diese Versuche gaben mir an, daß eine messingene Saite springt, wenn sie auf das Monochord gespannt bey der Länge von einem Rheintl. Fuß den Ton der Flöte



gibt, oder in jeder Secunde 996 Schwingungen machet. Die eisernen Saiten aber sprangen, wenn sie bey eben der Länge um einen Ton höher gestimmt wurden oder den Ton der Flöte



von $\frac{1}{2}$. 996 = 1120 $\frac{1}{2}$ Schwingungen gaben. An der Dicke der Saiten ist hier nichts gelegen. Der Unterschied ist nur, daß dickere Saiten mit mehr Kraft gespannt werden müssen und einen weniger klingenden Ton geben; dafern man nicht die Länge 2, 3mal größer und den Probeton in gleicher Verhältniß tiefer nimmt.

§. 427.

Die Theorie der schwingenden Saiten giebt nun folgende Formel:

$$P = \frac{M \lambda N N}{2 g}$$

wo P das spannende Gewicht, M das Gewicht des schwingenden oder zwischen beyden Sätteln des Monochords liegenden Theiles der Saiten, λ diese Länge, N die Anzahl der Schwingungen, und g den Fall der Körper in der ersten Secunde Zeit vorstellt. Wird λ in rheinländischen Linien gemessen, so ist $2 g = 4500$ Linien. Um das Gewicht der Saiten desto genauer zu bestimmen, thut man gut, wenn man ein sehr langes Stück derselben abwieget, und sich einer genauen und richtigen Wage bedient.

§. 428.

Ich werde nun setzen, der Drat, sowohl von Messing als von Eisen, habe eine solche Dicke, daß die Länge von 1 Rheintl. Fuß gerade 1 Gran Berliner Gewicht betrage. Diesemnach haben wir

$$M = 1 \text{ Gran.}$$

$$2g = 4500 \text{ Linien.}$$

$$\lambda = 144 \text{ Linien.}$$

und dann für

$$\begin{array}{l} \text{Mefing.} \\ N = 996 \\ \text{folglich} \\ P = \frac{996 \cdot 996 \cdot 1 \cdot 144}{4500} \\ = 31744\frac{1}{2} \text{ Gran.} \\ = 132 \text{ Loth, 1 Quint, } 4\frac{1}{2} \text{ Gr.} \end{array}$$

Man feze ferner, ein Cubicfuß wäge
554 Pfund,
fo wiegt ein Drat von 1 Fuß Länge und
1 Quadratlinie im Durchſchnitt.

$$\frac{5547}{27} \text{ Gran.}$$

So vielmal wird das ſpannende Ge-
wicht größer, demnach

$$\begin{array}{l} P' = 2672\frac{1}{3} \text{ Loth.} \\ = 835 \text{ Pf. } 3 \text{ Loth.} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Eifen.} \\ N = 1120\frac{1}{2} \\ P = \frac{1120\frac{1}{2} \cdot 1120\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 144}{4500} \\ = 40176\frac{2}{3} \text{ Gran.} \\ = 167 \text{ Loth } 1 \text{ Quint } 36\frac{2}{3} \text{ Gran.} \end{array}$$

504 Pfund.

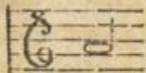
$$\frac{5040}{27} \text{ Gran.}$$

$$\begin{array}{l} P' = 31248\frac{1}{2} \text{ Loth.} \\ = 97\frac{1}{2} \text{ Pfund.} \end{array}$$

Muschenbroeck findet kaum halb ſo viel. Denn ſein $\frac{1}{10}$ Zoll dicker Drat hat
1, 131 Quadratlinien im Durchſchnitt. Durch dieſe Zahl muß demnach das
von ihm für Meſing auf 360 Pfund und für Eiſen auf 450 Pfund angeſetzte Ge-
wicht getheilt werden. Und ſo findet ſich 319 Pfund für Meſing und 398 Pfund
für Eiſen, wenn der Drat 1 Quadratlinie im Durchſchnitte hat. Ich laſſe dahin
geſt. lt., ob Muſchenbroeck die Dicke ſeines Drates nur beyläufig auf $\frac{1}{10}$ Zoll
geſt. lt. hat. Ein ſo dicker Drat iſt übrigens auch mit weniger Sorgfalt gezogen
als die Clavierſaiten, vermuthlich auch weniger elaſtiſch. Und dann kömmt bey
Muſchenbroecks Verſuchen viel auf die Art an, wie der Drat zum Anhängen der
Gewichte befeſtigt worden.

§. 429.

Es kam mir nun fürnemlich darauf an, daß ich die Ausdehnung des
Drates mit dem ſpannenden Gewichte vergliche. Hiezu that der Stimnagel
des Monochordes gute Dienſte. Ich machte an demſelben einen Zeiger feſte, wo-
durch ich leicht ſehen konnte, um wie viele Grade ich denſelben undrehte, ſowohl
um die Saite immer mehr zu ſpannen, als um wieder nachzulaffen. Ich drehte
den Stimnagel von 45 zu 45 Graden, und beobachtete durch Verſchieben des
beweglichen Sattels, bey welcher Länge die Saite den Ton der Flöte.

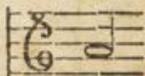


Gg 3

gab, oder in einer Secunde Zeit 830 Schwingungen vollendete. Das Quadrat dieser Länge ist in Verhältniß des spannenden Gewichtes, und die Verlängerung oder Ausdehnung der Saite vom Stimmnagel bis zum Stege, wo sie eingehängt ist, bestimmt sich vermittelst des Umkreises des Stimmnagels, wenn man sich den Diameter desselben um die Dicke der Saite größer denkt.

§. 430.

Den vollständigsten Versuch hierüber stellte ich den 1sten Nov. 1775. mit einer messingenen Saite an, von welcher ich voraus bestimmt hatte, daß sie bey einer Spannung von 172 Loth zerreiße. Ich spannte sie erst nur schwach, doch so, daß sie genug angezogen war, um auf dem Stimmnagel feste anzuliegen, und einen klingenden Ton zu geben. Von da an zählte ich die Grade des Umdrehens von 45 zu 45 bis auf den 225sten. Alsdann drehte ich eben so wieder zurück, um zu sehen, ob die Saite bey eben den Längen wieder eben den Ton der Flöte



geben würde. Die Längen maas ich in Rheinl. Linien, und fand

Drehung des Stimmnagels.	Länge beyhm Anspannen.	Länge beyhm Losspannen.	berechnete Länge.
Grade.	Linien.	Linien.	Linien.
0	62	63	62, 5
45	82	83	82, 6
90	101	102	98, 7
135	112	112	112, 5
180	126	127	124, 8
225	136	136	136, 0

§. 431.

Die letzte Columne habe ich folgendermaassen berechnet: Ich setzte, daß die Verlängerung der Saite dem spannenden Gewichte proportional sey. Dieses ist es eben, was durch den Versuch sollte geprüft werden. Da nun die Saite Anfangs schon einen gewissen Grad der Spannung, und folglich der Ausdehnung hatte, so setzte ich, daß, wenn der Stimmnagel um x Grade zurückgedreht würde, alsdann alle Spannung und Verlängerung = 0 seyn würde. Diesem nach mußte für die erste und letzte Beobachtung

$$x: (x + 225) = (62\frac{1}{2})^2: (136)^2$$

$$x = 60\frac{1}{4} \text{ Grad}$$

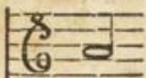
seyn. Und daraus folgte sodann, daß für z Grade, um welche der Stimmnagel gedreht worden, die Länge der Saite

$$\begin{aligned}\lambda &= 62,5 \cdot \sqrt{\left(\frac{60\frac{1}{4}}{60\frac{1}{4}} + z\right)} \\ &= 62,5 \cdot \sqrt{\left(1 + \frac{4z}{241}\right)}\end{aligned}$$

Linien seyn müsse, wenn die Voraussetzung richtig ist. Nun nahm ich $z = 45, 90, 135, 180$ Grad, und fand für λ , die in der letzten Columne angeführten Werthe. Da die beobachteten Längen, mittelst des Gehöres bestimmt werden mußten, so wird man zwischen der Rechnung und den Beobachtungen nicht wohl eine genauere Uebereinstimmung erwarten können. Die Rechnung giebt bald etwas mehr, bald etwas weniger. Dieses würde aber nicht seyn, wenn die Voraussetzung merklich unrichtig wäre.

S. 432.

Ich habe nun ferner gefunden, daß wenn eben diese Saite bey der Länge von $108\frac{2}{3}$ Linien den Ton



geben sollte, sie mit 67,9 Loth Gewicht gespannt werden mußte; und daß, wenn der Stimmnagel um 45 Grade gedreht wurde, die Saite sich um $\frac{2}{3}$ Linie ausdehnte. Setzte ich demnach

$$\lambda = 108\frac{2}{3},$$

so fand sich

$$z = 121,8 \text{ Grade.}$$

Und

$$45 : \frac{2}{3} = (121,8 + 60\frac{1}{4}) : 2,36,$$

folglich für erstbemeldten Ton, 2,36 Linien Verlängerung. Nun fordert die größte Spannung 172 Loth. Demnach

$$67,9 : 172 = 2,36 : 5,96.$$

Und so dehnt sich die Saite, ehe sie zerreißet, um 5,96 oder 6 Linien aus. Ihre ganze Länge betrug aber 612 Linien. Demnach ist die größte Ausdehnung $\frac{1}{102}$ Theil der Länge.

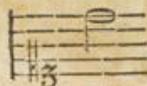
S. 433.

Einen ähnlichen Versuch machte ein Musicus auf mein Ansuchen mit der stählernen Saite seines Claviers, welche von $282\frac{1}{2}$ Rheintl. Linien den Ton \bar{c} giebt. Ich sprach ihm davon, als von einem Mittel das Clavier zu stimm-

men. Er stimmte die Saite nach und nach auf f, c, G herunter, und ich fand, daß der Stimmnagel von 90° auf $32, 11, 0$ war zurückgedreht worden. Demnach fand sich

				Töne.
90°	32°	11°	0°	Drehung des Stimmnagels.
24	16	12	9	Verhältniß der Schwingungen.
24	16	11,9	9	Berechnetes Verhältniß.

Der Stimmnagel hatte $1\frac{1}{2}$ Linie Durchmesser. Dieses giebt für 90 Grade $\frac{2}{3}$ Linien Verlängerung. Nun springen die stählernen Saiten, wenn sie bey einem Fuß Länge den Ton



geben, welcher nach eben dem Verhältniß 54 Schwingungen hat. Die Berechnung giebt, daß der Stimmnagel noch um $14,7$ Grade hätte zurückgedreht werden können, bis alle Spannung würde aufgehört haben. Die Saite war demnach in allem $90 + 14,7 = 104,7$ Grade gedreht. Und damit war ihre Verlängerung $1,37$ Linien. Nun wurde bey 1 Fuß Länge die Saite nicht 24 , sondern $24.282\frac{1}{2} : 144 = 47$ Schwingungen gemacht haben. Demnach ist

$$47^2 : 54^2 = 1,37 : 1,61$$

und folglich springt die Saite, wenn sie auf $282\frac{1}{2}$ Linien Länge, um $1,61$ Linien, oder um ihren $\frac{1}{73}$ Theil ausgedehnt wird. Für messingene Saiten gab der vorhergehende Versuch $\frac{1}{102}$ Theil der Länge.

S. 434.

24. Figur.

Es sey nun A D B E der Durchschnitt eines cylindrischen Stabes, welcher gebogen werden soll. Bey dem Biegen wird derselbe gegen A zusammengedrückt, gegen B aber ausgezogen, in D E aber behalten die Theilchen ihre Lage. In jedem andern Schnitte N M werden sie destomehr auseinander gezogen, je größer C P ist. C ist der Ruhepunkt, und C P der Arm eines Hebels, wo man sich die zum auseinanderziehen erforderliche Kraft angebracht gedenket. Diese Kraft wird in Verhältniß von C P größer, weil in eben dem Verhältniß die Theilchen destomehr auseinander gezogen werden, und demnach destomehr Kraft fordern. Es sey der Halbmesser C B = r, der Winkel M C E = ϕ , so stellt $2 r r \cos \phi$, d $\sin \phi$, die in N M m n liegenden Theilchen vor. Die zum Auseinanderziehen erforderliche Kraft für jedes Theilchen in B sey = b, so ist dieselbe in P = b. $\sin \phi$, und folglich für die sämtlichen in N M m n liegenden Theilchen = $2 r r b \sin \phi$. $\cos \phi$, d $\sin \phi$. Diese Kraft mit C P = r. $\sin \phi$ multiplicirt, giebt das Moment

$$d \mu = 2 b r^3. \sin^2 \phi. \cos \phi d \phi,$$

dessen

Dessen Integral

$$\mu = \frac{b r^3}{4} (\varphi - \frac{1}{4} \cdot \sin 4 \varphi)$$

ist. Und für den halben Circul D B E

$$\mu = \frac{1}{8} b r^3 \pi$$

giebt. Für den halben Circul D A E muß wegen des Zusammendrückens noch eben so viel gerechnet werden. Setzt man nun, die biegende Kraft sey in der Distanz = n r angebracht, und = p, so ist ihr Moment = n r p. Und dieses muß = 2 μ seyn; folglich ist

$$P = \frac{b r^2 \pi}{4 n}$$

§. 435.

Diese brechende oder biegende Kraft wird mit der geradeausziehenden am füglichsten verglichen, wenn man n = 1 setzt, und folglich die Kraft P so nimmt, wie sie seyn muß, wenn sie in der Distanz r angebracht wird. Die geradeausziehende Kraft soll alle Theilchen so weit von einander entfernen als sie es beim Biegen in B sind. Es fordern demnach alle die Kraft b. Nun stellt r r π die sämtlichen Theilchen im ganzen Circul vor. Demnach ist

$$P = r r b \pi$$

die Summe, der zum auseinanderziehen erforderlichen Kräfte, das will sagen, die auseinanderziehende Kraft. Damit ist überhaupt

$$P: p = r r b \pi : \frac{r r b \pi}{4 n}$$

folglich

$$P: p = 4 n: 1$$

$$p = \frac{P}{4 n}$$

§. 436.

Wenn die Stange, anstatt rund zu seyn, viereckigt ist, so findet man auf eben die Art

$$p = \frac{P}{3 n}$$

Ich habe übrigens hiebei gesetzt, daß der Ruhepunkt C in die Mitte falle. Dieses hat nun deswegen statt, weil sich bey dieser Voraussetzung die Stange am leichtesten bieget, und weil, wie wir vorhin gesehen haben, die ausziehende Kraft in Verhältniß der Ausdehnung ist.

h h

§. 437.

25. Figur. Es sey nun B A eine in A befestigte Stange, welche durch ein in B angehängtes Gewicht P gebogen wird. C E sey der Halbmesser der Krümmung in C, so wird, so lange die Krümmung nicht allzu groß ist,

$$C E = \frac{C B \cdot C B}{3 \cdot B F}$$

lehrt. Dieses folgt aus der Lehre von der Beugung elastischer Stangen.

§. 438.

Da nun ferner in dem Mittelpunct der Stange C die Theilchen durch das Biegen nicht auseinander gezogen werden, so wächst das Ausdehnen von C nach D, und ist in D am größten, so wie hingegen in A das Zusammendrücken am größten ist. Da nun eben von diesem Ausdehnen und Zusammendrücken die Krümmung herrührt, so stellt D C die Ausdehnung in D für die Länge des Halbmessers D E oder eigentlich für die Länge eines Bogens vor der dem Halbmesser des Krümmungskreises gleich ist.

§. 439.

Ich befestigte nun in A D einen messingnen Drat B C von 143 Rheinf. Linien Länge, dessen Gewicht 11,4 Gran des Berliner Pfundes betrug. Da er sich durch sein eigen Gewicht etwas herunter beugte, krümmte ich ihn so, daß er dessen unerachtet gerade und wagrecht blieb. Hierauf hängete ich an dem Ende B ein Gewichtchen von 5 Gran an. Und es bog den Drat aus F in B um 24 Linien herunter, und mit 10 Gran ziemlich genau doppelt so viel oder 48 Linien. Dieses sehr merkliche Heruntersinken, gab mir Anlaß, einen solchen Drat als eine sehr empfindliche Waage anzusehen, woran sich $\frac{1}{20}$, ja $\frac{1}{30}$ Theile von einem Gran unterscheiden ließe. Ich gebrauchte auch nachgehends einen solchen Drat zur Abwägung leichter Körper, deren Gewicht ich sehr genau zu wissen verlangte, indem ich in F B einen Maasstab setzte, der in Grane und deren Decimalthteile getheilt war.

§. 440.

In diesem Versuche war demnach der Halbmesser der Krümmung

$$C E = \frac{143 \cdot 143}{3 \cdot 24} = 285 \text{ Linien.}$$

Setze ich ferner, ein Rheinf. Cubicfuß Messing wäge 554 Berliner Pfund, so findet sich hieraus der Halbmesser von der Dicke des Drates = $\frac{2}{15}$ Linien = C D. Demnach ist die Ausdehnung in D

$$= \frac{C D}{D E} = \frac{2}{15 \cdot 285} = \frac{1}{2137} \text{ Theil der Länge.}$$

Ferner ist

$BC = 143: \frac{2}{15} = 1072\frac{1}{2}$ Halbmesser des Drates,
folglich (S. 434. 435.)

$$n = 1072\frac{1}{2}.$$

$$p = 5 \text{ Gran.}$$

Und demnach die geradeausziehende Kraft

$$P = 4 n p = 21450 \text{ Gran} = 89\frac{3}{8} \text{ Loth.}$$

Um aber den Drat zu zerreißen, gebraucht es einer Kraft von 1500 Loth. Demnach ist

$$89\frac{3}{8} \text{ Loth: } 1500 \text{ Loth} = \frac{5}{2137} \text{ Ausdehnung: } \frac{1}{127} \text{ Ausdehnung.}$$

Also zerreißen der Drat, wenn er um $\frac{1}{127}$ Theil seiner Länge ausgezogen wird.

S. 441.

Durch einen ganz ähnlichen Versuch fand ich, daß ein eiserner Drat zerreißen, wenn er um $\frac{1}{205}$ Theil seiner Länge ausgedehnt wird. Vergleicht man nun diese beyden Versuche mit den vorhergehenden (S. 432. 433.), so ist hier die größte Ausdehnung, sowohl beym Messing als beym Eisen um etwas geringer. Denn sie ist

	in den vorigen Versuchen.	in den gegenwärtigen
für Messing	$\frac{1}{102}$	$\frac{1}{127}$
für Eisen	$\frac{1}{73}$	$\frac{1}{205}$

Der Unterschied beträgt für beyde Metalle nur $\frac{1}{7}$ Theil aus. Aber eben diese Proportionalität leitet zu dem Schlusse, daß in der Art, wie beyderley Versuche an gestellt worden, etwas seyn muß, welches bey den letztern die Ausdehnung geringer machet als bey den erstern. Da übrigens der Unterschied nicht viel austrägt, und allenfalls das Mittel genommen werden kann, so werde ich mir hier bey dieser Untersuchung nicht länger aufhalten. Ich hatte wirklich, ehe ich die Versuche anstellte, viel größere Unterschiede erwartet, weil man die ganze Theorie immer als etwas sehr mißliches angesehen hatte, und theils in der Theorie, theils in den Versuchen ziemlich beträchtliche Fehler mit unterliefen.

Zweyter Abschnitt.

Anwendung auf die Kraft der Wärme.

S. 442.

Es soll nun, überhaupt betrachtet, gleich viel seyn, ob die Wärme oder eine äußere Kraft die Körper, z. E. metallene Stangen ausdehnt. Der Unterschied besteht auch nur darinn, daß die äußere Kraft nach einer ganz lineären und paral-

17-Figur. lelen Richtung wirkt, da hingegen die Wärme ihren Druck nach allen Gegenden äußert. Es hat dieses aber nur den Erfolg, daß man die Kraft der Wärme nach jeder schiefen Richtung C M in eine senkrechte M P, und parallele Q M auflösen, und die Summe von letztern berechnen muß. Die Rechnung hat mit der oben (§. 393.) über die Geschwindigkeit gegebenen eine völlige Ähnlichkeit, und der Erfolg ist, daß die Summe aller schiefen Dehnungen der Summe der geraden von dem größten Circul der Sphäre gleich, und demnach halb so groß ist, als wenn sie sämtlich parallel wären.

§. 443.

Man hat ferner allerdings darauf zu sehen, ob man bey der Wärme nur die Ausdehnung nach der Länge oder die nach dem körperlichen Raume bestimmt. Letzteres geschieht bey den Thermometern von flüssigen Materien, (§. 222.) wie auch bey den hydrostatischen (§. 194. u. f.) ersteres aber bey dem oben (§. 217.) angeführten Versuchen, wie auch bey dem Muschenbroeck'schen Pyrometer. (§. 226. u. f.) Der Unterschied ist, daß, wenn man die Ausdehnung nach der Länge $= (1 + x)$ setzt, sie nach dem körperlichen Raume $= (1 + x)^3$ gesetzt werden muß.

§. 444.

Das Zerreißen durch äußere Gewalt ist überhaupt dem Zustande ähnlich, wo die Metalle durch die Hitze des Feuers anfangen, bis zum Schmelzen erweicht zu werden. Denn ein glühendes Eisen läßt sich ohne alle Mühe in die Länge ziehen. Auf diese Art wird die Ausdehnung, bey welcher ein Drat zerreißt, derjenigen ziemlich gleich seyn, die er erhält, wenn er glühet. Nun fand Muschenbroeck, daß sich vom Frier: zum Siedepunct das Messing um $\frac{1}{993}$ und das Eisen um $\frac{1}{1307}$ Theil seiner Länge ausdehnt. Die vorhin angeführten Versuche geben aber für die zum Zerreißen erforderliche Ausdehnung.

für Messing : : : $\frac{1}{102}$: : : $\frac{1}{127}$.
für Eisen : : : $\frac{1}{173}$: : : $\frac{1}{206}$.

Ich habe aber diese Versuche im November 1775. und im Hornung 1777. in der Stube angestellt, wo die Wärme etwa bey dem 1050sten Grade des Luftthermometers, demnach 50 Gr. über dem Frierpunct oder 320 Gr. unter dem Siedepunct war. Für diese 320 Grade, würde sich demnach

das Messing nur $\frac{32}{37} \cdot \frac{1}{993} = \frac{1}{1148}$ Theil.
das Eisen nur $\frac{32}{37} \cdot \frac{1}{1307} = \frac{1}{1383}$ Theil.

ausgedehnet haben. Da nun die Kraft der Wärme, so wie die ausdehnende oder spannende Kraft in Verhältniß der Ausdehnung zunimmt, so haben wir für die größte Ausdehnung des Messinges

$\frac{1}{1148}$ Ausdehnung: $\frac{1}{102}$ Ausdehnung $= 320$ Gr. Wärme: 3602 Gr.
und $\frac{1}{1148}$: $\frac{1}{127} = 320$: 2893. Gr. Wärme.

Und dann ist

$$3602 + 1050 = 4652 \text{ Gr. des Luftthermometers}$$

und

$$2893 + 1050 = 3943 \text{ Gr. des Luftthermometers.}$$

Die Hitze des glühenden Messings trifft demnach zwischen den 3943sten und den 4652sten Grad des Luftthermometers. Das Mittel giebt beyläufig den 4300sten Grad. Muschenbroeck fand für glühend Kupfer den 4000ten Grad. (§. 227.)

§. 445.

Eben so haben wir für das Eisen.

$$\frac{1583}{175} : \frac{1}{175} = 320 : 2890.$$

$$\frac{1583}{200} : \frac{1}{200} = 320 : 2455.$$

und folglich

$$2890 + 1050 = 3940 \text{ Gr. des Luftthermometers.}$$

$$2455 + 1050 = 3505 \text{ Gr. des Luftthermometers.}$$

Also würde die Hitze des glühenden Eisens zwischen den 3505. und 3940sten Grad des Luftthermometers fallen. Newton giebt nur 3122 an (§. 264.), und nach Amontons würde der 1162ste Fahrenheitische oder 3323ste Grad des Luftthermometers für weißglühendes Eisen seyn (§. 330.) Nach Robins hingegen ist es für ein im Schmiedefeuer weißglühend gemachtes Eisen der 4210te Grad. (§. 92.) An diesen Unterschieden halte ich mich nicht auf, weil der Grad, in welchem ein Metall glühend ist, zwischen ziemlich weiten Schranken abwechselt. Daran aber kann man sich mehr aufhalten, daß die hier angegebene Rechnung für glühend Messing eine größere Hitze gibt als für glühend Eisen. Dieses kommt aber daher, daß es nicht ausgemacht ist, ob bey beyden Metallen einerley Grad des Glühens den Grad der Ausdehnung gibt, bey welchem sie in gemäßigter Luft zerrissen werden. Das Messing ist zäher als das Eisen, und mag aus diesem Grunde mehr Ausdehnung leiden. Sodann gebrauchte ich in der Rechnung, die von Muschenbroeck angegebenen Bestimmungen. Es kann aber leicht seyn, daß sein Messing und Eisen von dem so ich gebraucht habe, verschieden war. Anderer kleiner Umstände nicht zu gedenken. Die Absicht der hier vorgebrachten Versuche und Rechnungen gieng überhaupt nur dahin, daß sichs dadurch erforschen ließ, wiefern die Kraft der Wärme mit den Cohäsionskräften, und mittelst dieser, mit spannenden Gewichten verglichen werden konnte. Ich habe mich hiebey, sowohl für das Messing als für das Eisen an Muschenbroecks Bestimmungen gehalten. Man sieht aber aus der im §217. gegebenen Tafel, daß, wenn ich, zumal für Messing, des P. Herbert oder D. Juan Bestimmungen hätte zum Grunde legen wollen, die Hitze für glühendes Messing merklich würde geringer herausgekommen seyn. Ich that es aber nicht, weil mir aus andern Gründen Muschenbroecks Angaben zuverlässiger vorkommen, wenn sie auch nicht bis auf die geringsten Kleinigkeiten richtig sind (§. 218. 219. 230. 288.)

§. 446.

Mariotte hat durch Versuche gefunden, daß Glas zerreißet, wenn es zwischen $\frac{1}{32}$ und $\frac{1}{34}$ Theil seiner Länge ausgedehnt wird. Da er die Versuche wohl nicht in der Winterkälte angestellt hat, so werde ich für diese, die letztere Bestimmung annehmen, und demnach sehen, daß das Glas vom Frierpunct bis zum Glühen oder Schmelzen um $\frac{1}{34}$ Theil seiner Länge ausgedehnt werde. Nun schmelzt nach Amontons Versuche (§. 330.) dünnes Glas, das vielleicht an sich schon leichtflüssig war, beym 766 Fahrenheitischen oder 2509ten Grade des Luftthermometers. Dieses giebt 1509 Grad über dem Frierpunct: Demnach

$$1509:370 = \frac{1}{34}:\frac{1}{555}$$

Das Glas dehnt sich also diesen Angaben zufolge vom Frierpunct bis zum Siedepunct um $\frac{1}{555}$ oder 0,00064 seiner Länge aus. Diese Bestimmung kömmt unter den drey oben (§. 217) angegebenen, der von D. Juan am nächsten, die an sich schon zwischen denen von Zerbert und Bouguer das Mittel hält, übrigens aber von beyden merklich abgeht.

§. 447.

Vergleichungen von dieser Art gehen nun bey weichen Körpern wenig oder gar nicht an, und beym Holze ebenfalls nicht, weil sich dabey das hygrometrische mit dem pyrometrischen vermengt. (§. 221.) Ich habe indessen einen Stab von Birnbaumholze, welcher 390 rheinl. Linien lang, $6\frac{1}{4}$ breit und 4 dick war, durch Anhängung eines halben Berliner Pfundes am einen Ende auf 46,5 Linien her:ef. Figur. untergebogen. Hieraus ergab sich der Halbmesser der Krümmung in C,

$$CE = \frac{390 \cdot 390}{3 \cdot 46,5} = 1090 \text{ Linien.}$$

und die Ausdehnung in D = $\frac{1090}{1090} = \frac{1}{34}$ Theil der Länge. Die in einer Distanz = CD = 2 Linien anzubringende biegende Kraft würde ferner

$$= \frac{390}{2} \cdot \frac{1}{2} = 97\frac{1}{2} \text{ Pfund}$$

seyn. Nun ist (§. 436.) die gerade hinauszerreißende 3mal größer, demnach = 292 $\frac{1}{2}$ Pfund für $\frac{1}{3}$. $\frac{2}{3} = \frac{2}{44}$ Rheinl. Quadratzoll Durchschnitt. Nun wird nach Muschenbroeck das Holz von $\frac{7200}{10000}$ Quadratzoll Dicke, mit etwa 1000 bis 1200 Pfund Kraft zerrissen. Dieses giebt für $\frac{2}{44}$ Quadratzoll eine Kraft von 2400 und mehr Pfund. Und damit wäre.

$$292\frac{1}{2} \text{ Pfund: } 2400 \text{ Pfund} = \frac{1}{34}:\frac{1}{54}$$

Das Holz dehnt sich demnach, ehe es zerreißet, um $\frac{1}{54}$ Theil seiner Länge aus. Dieses würde nun auch die Wärme thun, wenn nicht das Holz beym Erhitzen sehr stark eintröcknete.

§. 448.

Die bisher angegebene Vergleichung der Kraft der Wärme mit der spannenden Kraft, giebt nun näher an, was man durch die Kraft der Wärme in den Körpern zu verstehen hat. Beyde beziehen sich auf die Durchschnittsfläche, die man sich gedenkt, wenn die an derselben liegenden Theilchen des Körpers getrennt

werden sollen. Aus dem §. 428. ergibt sich, daß diese Kräfte, sofern sie auf eine Quadratlinie Rheinfl. wirken

bey Messing = 835 Pfund.

bey Eisen = 976 Pfund.

und demnach allerdings sehr beträchtlich sind.

§. 449.

Nun haben wir oben (§. 47. f.) die Kraft der Wärme in der Luft ungleich geringer gefunden, dabey aber doch angemerkt, daß einerley Wärme in dichter Luft mehr Kraft hat, je dichter die Luft ist. Die Kraft der Wärme in der äußern Luft ist ihrer Schnellkraft und demnach dem Drucke einer Quecksilbersäule von etwa 28 Rheinfl. Zollen gleich. Dieses giebt auf eine Quadratlinie einen Druck von 0,102 Pfund, welcher demnach 8000 bis 9000mal geringer ist, als der Druck der Wärme auf eine Quadratlinie in glühendem Messing oder Eisen. Es lassen sich nun aber diese Verhältnisse näher zusammenrücken. Denn einmal ist die Kraft der Wärme bey glühenden Metallen 4mal stärker als in der Kälte des Frierpuncts, dadurch werden die 8000 auf 2000 herunter gesetzt. Wenn nun aber die Luft auch nur wasserdichte (§. 55.) zusammengedrückt gedacht wird, so wird die Kraft, Wärme, und Elasticität derselben, zufolge der Mariottischen Regel, 800mal stärker. Damit kommen wir den erstbemeldten 2000 schon merklich näher. Es kann aber leicht seyn, daß die sogenannte fixe Luft in den Körpern noch dichter ist. (§. 52.)

§. 450.

Dieser Umstand, daß einerley Wärme in dichter Luft und so auch in dichtern Körpern mehr Kraft hat, rührt nun größtentheils daher, daß die Theilchen der Körper den Stoß, so sie von den Feuertheilchen erhalten fortpflanzen, und ihn, so zu sagen, dadurch vervielfältigen. Außerdem kann es auch seyn, daß, da die Feuertheilchen von den Körpern an sich gezogen werden, ihre Geschwindigkeit beym Eindringen vermehret wird, und eben dadurch mehrere Kraft erhält, die, wenn die Feuertheilchen wieder aus dem Körper weggehen, ebenfalls wieder wegfällt. Hierzu kommt dann noch das Zurückprallen der Feuertheilchen von der innern Oberfläche der Körper, (§. 387.) welche macht, daß von den Feuertheilchen, die z. E. aus Wasser in Wasser übergehen würden, der größte Theil, nemlich $\frac{9}{10}$ zurückprellt, wenn sie aus Wasser in Luft gehen sollen. Dieses macht, daß von den Feuertheilchen, die sich im Wasser das Gleichgewicht halten, nur der $\frac{1}{10}$ Theil nöthig ist, um den Feuertheilchen in der Luft das Gleichgewicht zu halten. Damit aber dieser $\frac{1}{10}$ Theil das Gleichgewicht halten könne, sind dennoch die übrigen $\frac{9}{10}$ in dem Wasser nothwendig, weil immer auch die Cohäsionskräfte der Wassertheilchen von Seiten der Feuertheilchen ein Gleichgewicht fordern.

§. 451.

Es trägt nun ebenfalls der Umstand, daß die Theilchen der Körper den Stoß der Feuertheilchen fortpflanzen, und so zu sagen, vervielfältigen, mit dazu

ben, daß in dichtern Körpern zu gleicher Wärme weniger Feuertheilchen erfordert werden, als in lockeren Körpern. Nur muß man daraus nicht schließen, daß die Menge in umgekehrter Verhältniß der Dichtigkeit sey, oder von der Dichtigkeit allein abhängt. Die Cohäsionskräfte kommen noch viel mehr als die Dichtigkeit in Betrachtung. Wir haben oben (S. 308.) gefunden, daß bey gleicher Wärme die Menge der Feuertheilchen in einem Cubiczele Quecksilber, Weingeist und Wasser sich wie die Zahlen 4, 6, 7 verhalte. Diese Zahlen sind nicht nur nicht in umgekehrter Verhältniß der Dichtigkeit oder specifischen Schwere, sondern gehen in Ansehung des Weingeistes, der noch leichter als das Wasser ist, ganz davon ab. Eine ähnliche Ausnahme fand man bey dem Aufsteigen des Weingeistes in den Haarröhrchen, als man sahe, daß das Wasser in denselben fast um die Hälfte höher stand. Man hatte das Gegentheil erwartet, weil der Weingeist leichterer Art ist. Die Erwartung schlug fehl, und man mußte den Schluß machen, daß der größern Leichtigkeit unerachtet, die Cohäsionskräfte im Weingeiste stärker sind als im Wasser. Einen ganz ähnlichen Umstand fand man auch bey der Strahlenbrechung, die im Weingeiste stärker als im Wasser ist. Newton schloß daraus, daß der Weingeist die Lichtstrahlen mit mehr Kraft gegen sich ziehe als das Wasser. Und dieses mag wohl auch in Ansehung der Feuertheilchen statt haben.

S. 452.

Da die Kraft, womit die Wärme feste Körper ausdehnt, beträchtlich groß ist, so ist man auch längst schon auf die Gedanken gerathen, eine so große Kraft zu nutzen. Was aber dabey hinderlich war, ist, daß eine so große Kraft einen sehr kleinen Weg durchläuft, und demnach bey Maschinen nicht viel damit auszurichten ist. Indessen ist man, so viel ich weiß, darauf verfallen, vermittelst der Ausdehnung der Metalle, eine Uhr zu machen, die sich bloß durch die Abwechslung von Wärme und Kälte von selbst aufzieht. Bey Taschenuhren ist die zum Aufziehen nöthige Kraft geringe. Trägt man sie bey sich, so erwärmen sie sich leicht bis auf den 30sten Reaumur'schen Grad, und wenn man sie wieder von sich legt, so nehmen sie die, mehrentheils um 10, 20 bis 30 Grade, geringere Wärme der Luft an.

S. 453.

Ueber die ausdehnende Kraft der Wärme können wir nun, vermöge der vorhergehenden Versuche, folgenden Ueberschlag machen. Aus den Bestimmungen (S. 441.) ein Mittel genommen ist, die größte Ausdehnung

des Messings $\frac{1}{115}$

des Eisens $\frac{1}{190}$

seiner Länge. Und dazu werden, wenn die Stange eine Quadratlinie Rheinl. Dicke ist. (S. 428.)

beym Messing 835 Pfund,

beym Eisen 976 Pfund

Kraft

Kraft erfordert. Nun dehnt sich nach Muschenbroeck vom Frier- zum Siede-
punct

das Messing um $\frac{1}{993}$ Theil,
das Eisen um $\frac{1}{1387}$ Theil

seiner Länge aus. Demnach haben wir

$$\frac{1}{113} : \frac{1}{993} = 835 \text{ Pfund} : 97 \text{ Pfund.}$$

$$\frac{1}{190} : \frac{1}{1387} = 9.6 \text{ Pfund} : 136 \text{ Pfund.}$$

Also ist für 80 Reaumur'sche Quecksilbergrade die Kraft eine Quadratlinie dicke
Stange auszudehnen

beym Messing = 97 Pfund,
beym Eisen = 136 Pfund.

Und dieses giebt für jeden Grad

beym Messing 1, 2 Pfund,
beym Eisen 1, 7 Pfund.

Ist die Stange dicker, so nimmt diese Kraft in Verhältniß der Quadratfläche der
Dicke zu. Sie ist also für 1 Quadrat Zoll dickes

Messing = 175 Pfund,
Eisen = 245 Pfund,

so oft die Wärme um einen Grad des Reaumur'schen Quecksilberthermometers
zunimmt.

§. 454.

Bei flüssigen Materien sind die Cohäsionskräfte durch die Wärme schon
größtentheils gehoben. Indessen bleibt doch noch ein Theil davon übrig. Und
es scheint, daß selbst der Druck der äußern Luft zur Verstärkung derselben etwas
beyträgt, weil bey schwererer Luft siedend Wasser mehr Hitze erhalten kann. Nach
den oben (§. 193.) angeführten de LUC'schen Versuchen, ist die Hitze

Barom.	Reaum. & Therm.	Luftthermometer.
29 Zoll.	81, 8	1378, 3
19 Zoll.	72, 8	1336, 7
folglich : : 0	55, 7	1257, 6

Demnach verstärkt der Druck der Luft von 29 Pariser Zollen Barometerhöhe die
Hitze des siedenden Wassers um $1378, 3 - 1257, 6 = 120, 7$ Grae des Luft-
thermometers, welches für 28 Zoll Barometerhöhe 116, 5 Grade giebt. Da
demnach in luftleerem Raume das siedende Wasser noch die Kraft der Wärme von
1257, 6 Graden des Luftthermometers aushält, und durch den Druck der äußern
Luft nur um 116, 5 Grade oder $\frac{1}{11}$ Theil verstärkt wird, so folgt hieraus, daß
die im siedenden Wasser noch wirkende Cohäsionskräfte so viel als der 11 fache Druck

der äußern Luft betragen. Der Druck der äußern Luft auf eine Quadratlinie beträgt $\frac{1}{10}$ Pfund (S. 449.) Und so mag der Druck der Cohäsionskräfte im siedenden Wasser auf eine Quadratlinie etwa ein Pfund betragen.

Zweytes Hauptstück.

Kraft der Wärme bey Mischungen.

Erster Abschnitt.

Schmelzbarkeit gemischter Materien.

S. 455.

Wenn flüssige oder flüssiggemachte Materien durch einander gemischt werden, so ändert sich nicht nur ihre Dichtigkeit, sondern auch die Cohäsionskräfte, und mit diesen auch die Wirkungen der Wärme, so daß sie nachgehends leichter oder schwerer in Fluß zu bringen sind. Daher sind die verschiedene Lothe entstanden, die von Zinngießern, Kupfer-, Silber- und Goldschmieden u. zum Löthen gebraucht werden. Man nennet Schnellloth, was leicht und schnell löthet, und dieses wird gewöhnlich aus 5 Theilen Wismuth, 3 Theilen Zinn und 2 Theilen Bley zusammengesmolzen. Es braucht zum Schmelzen kaum eine größere Hitze als die von siedendem Wasser ist. Und wenn das Barometer über 28 Pariser Zollen hoch steht, so schmelzt es in siedendem Wasser. Das schwerflüssigere Schnellloth besteht aus 3 Theilen Zinn und 2 Theilen Bley. Man nennt ferner Schlagloth, was bey dem Hämmern nicht losgeht. Um Gold zu löthen, ist das leichtflüssigste aus 2 Theilen Gold, 1 Theil Silber und 1 Theil Kupfer zusammengesetzt. Um Silber zu löthen, besteht das feine Schlagloth aus 2 Theilen Silber und einem Theile Messing, das harte aus 2 Theilen Probefilber und einem Theil Messing, das weiche aus 8 Theilen Probefilber und einem Theile Zink. Endlich um Messing zu löthen werden zu einem Theile Zink 3 bis 5 Theile Messing genommen.

S. 456.

Unter denen Versuchen, die Newton über verschiedene Grade der Wärme angestellt hat, (S. 105. 264.) kommen die von den Graden der Flüssigkeit verschiedener Mischungen auch vor. Es sind in ihre gehörige Classen geordnet folgende:

Grade des Luftthermo- meters.	schmelzende oder zu fließen aufgehende Materien.
1763	stockend Zinn.
1785	schmelzend Zinn.
1880	schmelzender Wismuth.
2032	stockend Bley.
2043	schmelzend Bley.
1522	schmelzend Loth von 1 Theil Zinn, 1 Theil Wismuth.
1620	schmelzend Loth von 2 Theilen Zinn, 1 Theil Wismuth, wie auch stockend Loth von 5 Theilen Zinn und 2 Theilen Wismuth.
1740	schmelzend Loth von 8 Theilen Zinn, 1 Theil Wismuth.
1620	schmelzend Loth von 3 Theilen Zinn und 2 Theilen Bley.
1880	schmelzend Loth von 1 Theil Zinn und 4 Theilen Bley.
1620	stockend Loth von gleich viel Bley und Wismuth.
1447	1 h + 4 2 + 5 Wismuth schmelzt.
1370	2 h + 3 2 + 5 Wismuth schmelzt.
2589	stockender Reg. 8 mart.
2480	5 Theilen Reg. + 1 Theil Zinn stocken.
2240	schmelzende Mischung von gleich viel Reg. und 2.
2240	schmelzende Mischung von 7 Theilen Wismuth und 4 Theilen Reg.
2479	schmelzende Mischung von 1 Theil Wismuth und 2 Theilen Reg.

§. 457.

Es stelle nun B 2 das Gewicht der Mischungen von Wismuth und Zinn 6. Figut. vor, und für jede Mischung nehme man einen Punct an, der desto näher bey 2 sey, je mehr Zinn in der Mischung ist, daß sich B 2 zu B P verhalte, wie das Gewicht der Mischung zu dem Gewichte des darinn befindlichen Zinnes. Sodann trage man den zum Schmelzen derselben erforderlichen Grad des Luftthermometers oder eigentlich den Ueberschuß über 1370, als den Grad der leichtesten Schmelzbarkeit nach dem in B gezeichneten Maasstabe aus P in M: so wird man eben so viele Ordinaten erhalten als in vorstehender Tafel Mischungen von Wismuth und Zinn angegeben sind. Die Mischungen von Zinn und Bley trage man auf eben die Art zwischen 2 h, und die von Bley und Wismuth zwischen h W. In B, 2, h, W trage man den Grad der Schmelzbarkeit von Wismuth, Zinn, Bley und nochmals Wismuth auf. Eben so verfabre man zwischen C D mit denselben Mischungen, wo zum Wismuth noch Bley und Zinn zugleich genommen wor-

den, und auf C, D richte man die Ordinaten für den Grad der Schmelzbarkeit auf, wo zum Bismuth nur Bley oder nur Zinn genommen worden.

§. 458.

Der Erfolg zeigt, daß die Ordinaten so ziemlich in geraden Linien liegen, und in der That als solche angenommen werden können. Es giebt also bey jeder Art von Mischung dieser drey Materien eine Mischung, wo der Grad der Schmelzbarkeit am geringsten ist, man mag sie nun zu zweyen und zweyen oder alle drey zusammenmischen. Dieser Grad der leichtesten Schmelzbarkeit läßt sich aus Newtons Angaben nicht unmittelbar finden. Es finden sich aber zweyen Umstände, welche machen, daß er durch Schlüsse noch so ziemlich genau herausgebracht werden kann. Der erste ist der so eben erwähnte, daß nemlich die Ordinaten in geraden Linien liegen. Dieses macht, daß es nur nöthig ist, die Punkte F, H, K, L zu finden, bis wohin diese Linien müssen verlängert werden. Der zweyte Umstand ist der Satz, daß die Verhältniß, welche bey der Mischung zweyer Materien die leichteste Schmelzbarkeit bewirkt, eben dieselbe bleibt, wenn man für die Mischung aller drey Materien den Grad der leichtesten Schmelzbarkeit finden will. Dieser Satz kann durch sich selbst geprüft werden, weil von den drey Verhältnissen zwey, das dritte an sich schon bestimmen.

§. 459.

S. j. E. wenn eine Mischung von 3 Theilen 4 + 2 Theilen h leichter schmelzt als andere Verhältnisse, so wird diese leichteste Schmelzung bleiben, wenn noch Bismuth hinzukommt. Also wird $4G = OD$ seyn. Und die Erfahrung giebt, daß zum leichtflüchtigsten Loth

$$5B + 34 + 2h$$

genommen werden. Nach diesen Verhältnissen wird man

$$BE = \frac{3}{5+3} \cdot B4$$

und

$$IW = \frac{2}{5+2} \cdot W h$$

erhalten. Und damit sind die Ordinaten für die Grade der leichtesten Schmelzbarkeit bestimmt.

§. 460.

17. Figur.

Man lege nun ferner die drey Linien B4, 4h, hW in Form eines Triangels, so werden sich die aus den Punkten E, G, I nach den Ecken h, B, 4 gezogenen Linien in dem Punct O durchschneiden. Und dieses wird der Punct der leichtesten Flüssigkeit für alle drey Materien seyn. Dieser Triangel kann nun alle mögliche Mischungen von Zinn, Bley und Bismuth vorstellen. Man gedenkt

sich das Gewicht einer jeder dieser Materien in den Ecken A, h, B , und man sucht den gemeinsamen Schwerpunct, so wird dieser den Ort angeben, wo die Mischung muß gesetzt werden. Wenn man $z. E.$ für die leichtflüchtigste Mischung in $A 3$, in $h 2$, in $B 5$ gleiche Gewichte setzt, so fällt ihr gemeinsamer Schwerpunct in O .

§. 461.

Man gedenke sich nun ferner, daß der Triangel der Boden eines Prisma sey, dessen Höhe über den Puncten B, E, A, G, h, I, O die Grade der zum Schmelzen erforderlichen Wärme oder die Ordinaten eben dieser Puncte in der 26sten Figur sind, so wird dieses Prisma ein sechsflächichtes Dach erhalten, und die aus den vorhin (§. 460.) erwähnten Schwerpuncten bis an dieses Dach aufgerichteten Ordinaten, werden den Grad der Schmelzbarkeit angeben.

§. 462.

Man hat bey der Mischung von Metallen, so wie auch bey andern flüssigen Materien schon bemerkt, daß sie in Absicht auf die Dichtigkeit oder Schwere der archimedischen Regel nicht immer folgen. Hier sieht man, daß sie in Ansehung des Grades der Schmelzbarkeit eine ganz eigene Wendung nehmen. Man muß sich $z. E.$ zwischen Wismuth, welches bey dem Grade der Wärme b schmelzt, 26. Figur. und zwischen Zinn, welches den Grad der Wärme Z erfordert, eine leichtflüchtigste Mischung gedenken, welche zum Schmelzen nur den Grad der Wärme F verlangt, und die aus $B E$ Theilen Zinn und $E 4$ Theilen Wismuth zusammengesetzt ist. Diese Mischung ist die leichtflüchtigste, und muß in der Rechnung zum Grunde gelegt werden. Sie besteht aus 5 Theilen Wismuth und 3 Theilen Zinn.

§. 463.

Setzt man nun dieser Mischung etwas Zinn zu, so erhält man eine Mischung, welche zwischen E, A fällt. Hingegen fällt sie zwischen E, B , wenn man Wismuth zusetzt. Im ersten Fall dient die Linie $F Z$, um den Grad der Schmelzbarkeit zu bestimmen: im andern Fall aber muß die Linie $F b$ gebraucht werden.

§. 464.

Man setze, daß man eine Mischung von B Theilen Wismuth und 4 Theilen Zinn habe, so ist $B + 4$ das Gewicht derselben und der ganzen Abscisse $B 4 = 1$ proportional. Ist nun an sich schon $B : 4 = 5 : 3$, so ist auch die Mischung an sich schon die leichtflüchtigste. Wir wollen aber setzen, daß zu viel Zinn darinn sey, so wird $B : (B + 4) > B E$ seyn. Es sey demnach

$$\frac{4}{B + 4} = B P$$

Da nun

$$B E = \frac{3}{5}$$

so wird

$$E P = \frac{4}{B + 4} - \frac{3}{8} = \frac{5 \cdot 4 - 3 B}{8(B + 4)}$$

und dieses giebt

$$P M = E F + \frac{5 \cdot 4 - 3 B}{5(B + 4)} \cdot (4 Z - E F)$$

den zum Schmelzen der Mischung erforderlichen Grad der Wärme.

§. 465.

Diese Formel löset sich in folgende auf:

$$P M = \frac{(1 + \frac{3}{8} B) \cdot E F + (4 - \frac{3}{8} B) \cdot 4 Z}{B + 4}$$

Hier ist nun $(1 + \frac{3}{8} B)$ der leichtflüchtigste Theil der Mischung. Denn zu B Theilen Wismuth müssen $\frac{3}{8} B$ Theile Zinn genommen werden. (§. 462.) Man sieht auch in dem zweyten Gliede, daß diese $\frac{3}{8} B$ Theile von den 4 Theilen Zinn abgezogen sind, so daß also noch $4 - \frac{3}{8} B$ Theile Zinn bleiben. Diese Formel will demnach sagen, es seyen in der Mischung

$(1 + \frac{3}{8} B)$ Theile vom leichtflüchtigsten Loth, welche bey dem Grade der Wärme $E F$ schmelzen, und dann noch

$(4 - \frac{3}{8} B)$ Theile Zinn, welche bey dem Grade der Wärme $4 Z$ schmelzen; und daß, wenn von diesen Theilen ein jeder mit seinem Grade der Schmelzbarkeit multiplicirt, und die Summe der Producte durch die ganze Masse $B + 4$ getheilt wird, man den Grad der Schmelzbarkeit der fürgegebenen Mischung erhalte.

§. 466.

Dieses ist für den Fall, wo P zwischen E 4 fällt. Ist hingegen zu viel Wismuth in der Mischung als daß sie am leichtflüchtigsten seyn könnte, so wird P zwischen B E z. E . in Q fallen, und

$$\frac{4}{B + 4} < \frac{3}{8}$$

seyn. Man erhält alsdann den Grad der Schmelzbarkeit

$$Q N = E F + \frac{3 B - 5 \cdot 4}{3(B + 4)} \cdot (B b - E F)$$

oder

$$Q N = \frac{(1 + \frac{3}{8} B) \cdot E F + (B - \frac{5}{3} \cdot 4) \cdot B b}{B + 4}$$

Diese letztere Formel zeigt ebenfalls, daß $(1 + \frac{3}{8} B)$ 4 vom leichtflüchtigsten Lothe, und dann noch $(B - \frac{5}{3} \cdot 4)$ Theile Wismuth in der Mischung sind, daß jeder dies

fer Theile mit dem Grade seiner Schmelzbarkeit müsse multiplicirt, und die Summe der Producte durch die ganze Masse $B + 2 + h$ getheilt werden.

§. 467.

Was ich hier von Wismuth und Zinn gesagt habe, gilt ebenfalls, wenn Wismuth und Bley, oder Zinn und Bley gemischt werden. Man gebraucht alsdann die Abscissen h W oder $2 h$. Ich werde nun aber aufs allgemeinste den Fall vornehmen, wo die Mischung aus allen drey Materien zusammengesetzt, und demnach $= B + 2 + h$ ist.

§. 468.

Wegen leichterer Berechnung setze ich jede der drey Seiten des Triangels ²⁷Figur. $B 2 h = 1$. Sodann setze ich den Fall, wo in der Mischung am meisten Zinn und am wenigsten Wismuth ist, nemlich nach Maaße dessen, was zur größten Leichtflüssigkeit erfordert wird. Diesemnach wird

$$Y 2 = \frac{h}{2 + h}$$

gemacht und $B Y$ gezogen. Ferner machet man

$$B A = \frac{2 + h}{B + 2 + h}$$

und demnach

$$A 2 = \frac{B}{B + 2 + h}$$

und zieht $A T$ mit $2 h$ parallel; so wird T der fürgegebenen Mischung entsprechende Punct seyn.

§. 469.

Man ziehe ferner aus O durch T die Linie $O S$. In G und 2 gedenke man sich die Grade der Schmelzbarkeit $G H$, $2 Z$ aus der 26sten Figur als auf der Ebene des Triangels aufgerichtet, so wird $S V$ der Grad der Schmelzbarkeit für den Punct S seyn, und eben so wird $T t$ den Grad der Schmelzbarkeit für den Punct T vorstellen.

§. 470.

Um nun den Werth von $T t$ zu bestimmen, ziehe man $O X$ mit $2 h$ parallel, so ist

$$\begin{aligned} X 2 &= \frac{1}{2}. \\ X O &= \frac{1}{5}. \\ G 2 &= \frac{2}{5}. \end{aligned}$$

und ferner

$$A T = \frac{B A}{B 2}, \quad 2 Y = \frac{h}{B + 2 + h}$$

$$A X = \frac{1}{2} - A Z = \frac{2 + h - B}{2(B + 2 + h)}$$

und

$$A X : (X O - A T) = X Z : X(O - S Z)$$

woraus

$$S Z = \frac{5h - 2B}{5(2 + h - B)}$$

gefunden wird.

S. 471.

Wir haben nun ferner

$$S V = 2 Z - \frac{S Z}{2 G} (2 Z - G H)$$

welche Gleichung

$$S V = \frac{2 Z (2 - \frac{1}{2} h) + (\frac{1}{2} h - B) \cdot G H}{2 + h - B}$$

gibt. Endlich findet sich

$$T t = \frac{S V \cdot A X}{X Z}$$

woraus

$$T t = \frac{(2 - \frac{1}{2} h) 2 Z + (\frac{1}{2} h - B) \cdot G H}{B + 2 + h}$$

folgt. Und um so viel erfordert die Mischung mehr Hitze als zu der leichtflüchtigsten Mischung ($5 B + 3 Z + 2 h$) nöthig ist.

S. 472.

Aus dieser Formel wird nun wiederum folgende Berechnungsart hergeleitet. Da in der Mischung am wenigsten Wismuth ist, so wird der leichtflüchtigste Theil derselben aus

B Theilen Wismuth,

 $\frac{3}{2}$ B Theilen Zinn, $\frac{2}{5}$ B Theilen Blei

bestehen. Diese ziehe man von der ganzen Masse ab, und es bleiben

 $2 - \frac{3}{2} B$ Theile Zinn, $h - \frac{2}{5} B$ Theile Blei

Da nun ebenfalls am wenigsten Blei ist, so wird der leichtflüchtigste Theil von diesem Ueberreste aus

 $h - \frac{2}{5} B$ Theilen Blei, $\frac{3}{2} (h - \frac{2}{5} B)$ Theilen Zinn

bestehn,

bestehn, und wenn man auch diese abrechnet, werden noch

$$(4 - \frac{2}{3} B) - \frac{2}{3} (h - \frac{2}{3} B) = 4 - \frac{2}{3} h$$

Theile Zinn bleiben.

§. 473.

Die Mischung kann demnach angesehen werden, als wäre sie aus folgenden Theilen zusammengesetzt:

1°. Aus $B + \frac{2}{3} B + \frac{2}{3} B = 2 B$ Theilen vom leichtflüssigsten Schnellloth, so aus $B, 4, h$ gemacht werden kann.

2°. Aus $(h - \frac{2}{3} B) + \frac{2}{3} (h - \frac{2}{3} B) = \frac{2}{3} h - B$ Theilen vom leichtflüssigsten Loth, so aus $4, h$ gemacht werden kann.

3°. Aus $4 - \frac{2}{3} h$ Theilen Zinn.

Nun wird jede dieser Portionen mit dem Grade ihrer Schmelzbarkeit multiplicirt, und die Summe der Producte durch die ganze Masse $B + 4 + h$ getheilt. Und so erhält man den Grad der Schmelzbarkeit der fürgegebenen Mischung.

§. 474.

Da ich, Kürze halber, nur den Ueberschuß über den geringsten Grad der Schmelzbarkeit genommen, und demnach diesen $= 0$ gesetzt habe; so fällt das erste Product weg. Die beyden andere geben den Ueberschuß

$$T t = \frac{(4 - \frac{2}{3} h) \cdot 4 Z + (\frac{2}{3} h - B) \cdot G H}{B + 4 + h}$$

welches gerade die vorhin (§. 471.) gefundene Formel ist.

§. 475.

Ein Mittel aus den Newtonschen und andern Versuchen genommen, finde ich nun folgende Grade der Schmelzbarkeit und größten Leichtflüssigkeit:

Grade des Luftthermo- meters.	Ordnaten.	eben die in Graden des Luftthermo- meters.	in Graden des Fahr- renh Ther- mometers.	Mischun- gen.	Grade des Fahrerb. Thermom.
1880	B b	510	248	Bismuth.	460
1814	4 Z	444	216	Zinn.	428
2040	h p	670	326	Wey.	538
1442	E F	72	35	$5B + 34$	247
1440	I K	70	34	$5B + 2h$	246
1614	G H	214	129	$34 + 2h$	311
1370	O	0	0	$5B + 34 + 2h$	212

§. 476.

Wenn nun der Grad der Schmelzbarkeit einer Mischung aus Bismuth, Zinn und Bley zu berechnen, so sieht man nach, wieviel von dem leichtflüßigsten Loth darinn ist, und wieviel noch von einem der drey übrigen leichtflüßigern Lothen darinn enthalten seyn mag. Es sey, E. die Mischung = 5 B + 4 Z + 1 h, so wird die Rechnung, um Brüche zu vermeiden, am süglichsten folgendergestalt gemacht:

$$\begin{array}{r}
 \text{B} \quad \text{Z} \quad \text{h} \\
 10 + 8 + 2 = 20 \text{ die fürgegebene Mischung.} \\
 \hline
 5 + 3 + 2 = 10. \quad 1370 = 13700 \\
 \hline
 5 + 5 \\
 5 + 3 \quad = 8. \quad 1442 = 11536 \\
 \hline
 2 \quad = 2. \quad 1814 = 3628 \\
 \hline
 \quad \quad \quad 20 \quad \quad 28864 \\
 \hline
 \frac{28864}{20} = 1443, 2.
 \end{array}$$

Newton fand : : : 1447
 und demnach nur um etwas weniges mehr. In dieser Mischung war am wenigsten Bley. Dieses bestimmte demnach, wie viel von dem leichtflüßigsten Loth darinn war. Für die Mischung von gleich vielen Theilen, steht die Rechnung folgendermaßen:

$$\begin{array}{r}
 \text{B} \quad \text{Z} \quad \text{h} \\
 15 \quad 15 \quad 15 \\
 15 + 9 + 6 = 30. \quad 1370 = 41100 \\
 \hline
 6 + 9 \\
 6 + 4 \quad = 10. \quad 1614 = 16140 \\
 \hline
 5 = 5. \quad 2040 = 10200 \\
 \hline
 \quad \quad \quad 45 \quad \quad 67440 \\
 \hline
 \frac{67440}{45} = 1499
 \end{array}$$

Die gleichtheilige Mischung schmelzt demnach beym 1499 oder 1500ten Grade des Luftthermometers,

§. 477.

Nach dieser Berechnungsart habe ich nun die oben (§. 265.) von Ziegler angegebenen Mischungen vorgenommen, und finde folgende Unterschiede:

Mischungen.			Grade des Luftthermo- meters.		Unterschiede.
B	4	h	berechnet.	beobachtet.	
5	+	3	1370	1374	+ 5
5	+	4	1410	1425	+ 15
5	+	5	1425	1475	+ 50
5	+	6	1472	1516	+ 44
5	+	7	1497	1545	+ 48
5	+	8	1518	1563	+ 45
5	+	13	1592	1608	+ 16
5	+	23	1666	1633	- 33

Die Unterschiede sind ziemlich groß. Es ist aber zu bemerken, daß Ziegler die Versuche auf seinem Siedetopfe mit größern Massen angestellt hat, wo das in denselben stehende Thermometer langsamer als die Materien selbst erkältete. Es kann auch seyn, daß sein Wismuth, Zinn und Bley mit dem Newtonschen nicht von gleicher Beschaffenheit gewesen. Und dann, wenn diese Materien erst flüßig gemacht werden, so geschieht es leicht, daß ein Theil davon verbrennt, und dieses mag das Verhältniß zwischen denselben ziemlich stark ändern.

S. 478.

Newton hat noch mit Mischungen von Reg. ζ δ , Wismuth und Bley Versuche angestellt. (S. 457.) Ich habe dieselben in der 28ten Figur nach einerley Maasstab, wie die vorhergehenden, gezeichnet. Man sieht daraus, daß die Mischungen schwerflüssiger werden als sie nach einer der archimedischen ähnlichen Regel werden sollen. Denn diese Regel würde fordern, daß $b\mu\zeta$, und so auch $\zeta v Z$ gerade Linien seyn. Beyde aber biegen sich aufwärts, wiewohl letztere nur um etwas sehr wenig.

S. 479.

Es hat Ziegler einen nicht unbeträchtlichen Gebrauch von solchen Mischungen vorgeschlagen, da sie für größere Grade von Hitze als Thermometer dienen können, wo man einen Körper nur bis auf einen bestimmten Grad erwärmen oder auch dessen Wärme bestimmen will. Man mache aus solchen Mischungen dünne Stänglein, so daß ein jedes seinen bestimmten Grad von Schmelzbarkeit habe. Drückt man nun die Spitze eines solchen Stängleins an den erhitzten Körper, so sieht man ohne Mühe, ob die Spitze zu schmelzen anfängt oder ob sie nur weich wird. Mit Wismuth, 4, h, Reg. δ können solche gemacht werden, die vom Siedepunct an bis zum 2600ten Grad des Luftthermometers gehen. Vom 1270sten bis zum 1614ten, muß nothwendig Wismuth mitgebraucht werden. Für die höhern Grade aber thut man besser, wenn man nur Zinn und Bley ge-

braucht, weil diese besser fließen. Weiter hinaus kann man noch ohne Mühe schwerflüssigere Lothe finden. (S. 455.) Die Berechnung hat mit der sogenannten Alligationsregel viele Aehnlichkeit.

S. 480.

Uebrigens kommt außer dem Umstande, daß beim Zusammenschmelzen solcher Mischungen ein Theil verbrennt wird, noch der Unterschied der verschiedenen Güte der Metalle selbst vor. Herr Martzgraf hat mir einige Versuche mitgetheilt, die er um das leichtflüssigste Schnellloth zu bestimmen, mit reinem Zinn, Blei und Wismuth angestellt hat, als er vernommen, man habe in England eine Mischung gefunden, welche in kochendem Wasser flüssig würde. Da seine Absicht nur dahin gieng, die Verhältniß der Theile zu finden, so hat er es auch bey diesem Kennzeichen bewenden lassen. Den Erfolg seiner Versuche stellt folgende Tafel vor:

zusammengeschmolzene Theile von			Erfolg im siedenden Wasser.
B	z	h	
1	1	1	floß nicht.
2	1	1	klarörnig, floß und nahm den Abdruck eines Petschaft an.
4	1	1	grobörnig, floß leicht, und nahm ein Petschaft an.
10	3	3	gröber Korn, ebenfalls.
5	1	1	grob Korn, wollte nicht fließen.
5	3	2	grob Korn, war nicht leichtflüssig.
6	3	2	floß noch schlechter.
1	—	1	wurde gar nicht weich.

S. 481.

Wenn anstatt dreier Materien vier oder mehrere gemischt werden, so giebt es wohl in Ansehung der Versuche als der Rechnung mehr Weirläufigkeit. Denn man muß den Grad der Schmelzbarkeit einer jeden für sich bestimmen. Sodann muß man sie zu zwey und zweyen zusammen nehmen, und die Verhältniß der Mischung suchen, woben sie am leichtesten oder auch hinwiederum am schwersten fließen. Eben so verfährt man, indem man sie zu drey und drey, zu vier und vier 2c. zusammenmischer. Die Rechnung wird derjenigen, so ich für zwey (S. 465.) und für drey (S. 472. 475.) Materien angegeben, ganz ähnlich, dabey aber weirläufiger seyn. Es gebraucht übrigens viele Genauigkeit und Vorsichtigkeit bey solchen Versuchen. Denn so z. E. würde ich aus den Zieglerischen (S. 477.) die Regeln nicht so leicht haben herleiten können, die ich aus den Newtonischen (S. 456.)

berg eleitet habe. Diese gaben so gleich an, daß die Linien b F, F Z, Z H re. (26. Fig.) gerade sind. Und dann folgte das übrige von selbst.

§. 482.

Für geringere Grade von Wärme als die vorhin (S. 479.) erwähnte, lassen sich aus Butter, Unschlitt, Wachse, Harz, Pech, Seigenharz, Lack, Schwefel 2c. allerley Mischungen zusammenschmelzen, welche bey beliebigen Graden von Wärme flüßig werden. Für die Grade der Kälte dient besonders das Frieren von Salzaufösungen und gebrannten Wassern, Dehlen 2c. Arnold, den ich bereits oben (S. 247.) angeführt habe, hat in Absicht auf gesättigte Aufösungen, Versuche angestellt, die hier angeführt zu werden verdienen.

Unzen Salz in 8 $\frac{3}{4}$ ∇ .	Reaum. Thermom.	Namen des Salzes.
$3\frac{1}{2}$	— $1\frac{1}{2}$	Sal mir. Glauberi-
$2\frac{1}{2}$	— 5	alum. nat.
$1\frac{1}{2}$	— $5\frac{1}{2}$	alum. calcin.
$3\frac{3}{4}$	— 7	vitrioli Gosl. albid.
3	— $7\frac{1}{2}$	Seignette.
$5\frac{1}{2}$	— $7\frac{3}{4}$	Sal Sedliz.
4	— 8	nitr. depur.
$\frac{7}{12}$	— $11\frac{1}{2}$	Borac.
$4\frac{1}{2}$	— $12\frac{1}{2}$	vitriol. alb.
	— 16	Sal. tart.
$2\frac{1}{2}$	— 18	Sal ammon.
$3\frac{1}{5}$	— $19\frac{1}{2}$	Sal. culin.

Zweyter Abschnitt.

Wärme und Kälte, so bey Mischungen entsteht.

§. 483.

Die Aenderung in der Dichtigkeit und den Cohäsionskräften gemischter Materien, geht gewöhnlich gleich bey der Mischung vor, und hat in Absicht auf das Gleichgewicht zwischen der Kraft der Feuertheilchen und den Cohäsionskräften ebenfalls einen unmittelbaren Erfolg, welcher darinn besteht, daß die Mischung wärmer oder kälter wird, als die Materien vor der Mischung waren. Die Menge der Feuertheilchen wird dadurch nicht geändert. Es bringen aber gleich viele Feuertheilchen in ungleichen Materien ungleiche Wärme hervor, (S. 308.) und so läßt es sich allerdings begreifen, daß die Mischung nicht nothwendig die Wärme der

gemischten Materien behält, sondern mit den geänderten Cohäsionskräften und der Dichtigkeit auch die Wärme ändert. Und dieses kann so weit gehen, daß die Mischung in einigen Fällen zu Eis wird, in andern aber in Flammen ausbricht.

§. 484.

Muschenbroeck hat hierüber einige Versuche angestellt und sie in seiner Uebersetzung der Florentinischen Versuche bekannt gemacht. Ich werde daraus nur einige hersehen, wo sich die Grade der Erwärmung oder Erkältung, mittelst des Thermometers, bestimmen lassen.

Gemischte Materien.				Fahrenheit'sche Grade.	
Gran.		Gran.		vor der Mischung.	nach der Mischung.
240	Salpeter	720	Wasser	45	31
240	Salniac	720	Wasser	45	27
180	Zucker	960	Wasser	44	45
120	Weinsteinsalz	720	Wasser	44	54
240	Branntwein	240	Wasser	44	50
480	Weingeist	480	Wasser	44	57
120	Witriolöl	480	Wasser	45	60
240	Scheidwasser	240	Weinsteinöl <i>p. del.</i>	46	72
90	Zinn	480	Scheidwasser	44	161
60	Wesingseile	480	Scheidwasser	44	159
120	Eisenseile	480	Scheidwasser	44	188
60	Zinnseile	480	Salpetergeist	46	250
120	Wismuth	480	Salpetergeist	48	243

§. 485.

Es ist hiebey zu bemerken, daß das Thermometer den wahren Grad der Erwärmung oder Erkältung, so in der Mischung entsteht, nicht genau anzeigt, denn dieser Grad wird an sich nicht augenblicklich hervorgebracht, und wenn es auch wäre, so braucht das Thermometer einige Zeit, bis es denselben annimmt. Inzwischen aber verlieret die Mischung den Grad der Wärme oder Kälte, den das Thermometer annehmen sollte, und zwar destomehr, je geringer die Masse, und je dicker das Gefäß ist, in welchem die Materien gemischt werden. Die in der Mischung vorgegangene Veränderung der Wärme, ist demnach größer als sie durch das Thermometer angezeigt wird.

§. 486.

Die Unze Weingeistes, welche mit einer Unze Wasser vermischt worden, trieb das Fahrenheit'sche Thermometer vom 44sten auf den 57sten Grad, demnach

die Wärme vom 1025sten auf den 1051sten Grad des Luftthermometers. Nun bringen im Weingeiste 6 Feuertheilchen so viel Wärme hervor als 7 Feuertheilchen in gleich viel Wasser (S. 308.) dem Raume nach gerechnet. Es nimmt aber eine Unze Weingeist, etwa $\frac{1}{2}$ mehr Raum ein als eine Unze Wasser, (S. 201.) folglich kann man sehen, daß in beyden Massen gleich viele Feuertheilchen gewesen. In den zusammengegossenen Massen war die Summe derselben kräftiger als in jeder Masse für sich. Daher entstand mehr Wärme. Nach dem Thermometer zu urtheilen, wurde die Kraft derselben um

$$\frac{1051 - 1025}{1025} = \frac{1}{40}$$

vermehrt. Aus dem vorhin (S. 485.) angeführten Grunde, mag aber die Vermehrung wohl $\frac{1}{30}$ Theil oder auch noch mehr betragen haben. Wenn man dieses genauer bestimmen will, so muß man entweder einen vorläufigen Versuch machen, um zu finden, wie viele Grade das Thermometer bereits haben muß, wenn man nachgehends noch eine Mischung vornimmt und es darein tauchet. Dadurch erhält man, daß das Thermometer wenig oder gar keine Zeit gebraucht, um den Grad der Wärme der Mischung zu erlangen. Denn hat es diesen Grad an sich schon, so wird es in der Mischung weder steigen noch fallen. Oder man kann, wenn das Thermometer die Wärme der Materien vor der Mischung hat, gleich nach geschehener Mischung beobachten, wie viel es von $\frac{1}{4}$ zu $\frac{1}{4}$ Minute steigt, um daraus die Erwärmungs-Subtangente, sowohl der Mischung als des Thermometers zu bestimmen. Das erste Verfahren ist aber kürzer und sicherer, weil das letztere sehr genaue Versuche, Beobachtungen und Rechnungen erfordert.

S. 487.

Ich gedenke übrigens hier die verschiedenen Veränderungen, so bey den Mischungen vorgehen, nicht weiter zu erklären. Es ist genug, daß sie überhaupt daher entstehen, daß bey den Mischungen die Dichtigkeit und die Cohäsionskräfte sich ändern. Diese Kräfte sind aber zu wenig an und für sich bekannt. Man muß daher, anstatt aus denselben, die Veränderungen der Wärme erklären zu wollen, vielmehr die Veränderungen der Wärme zum Grunde legen, und daraus bestimmen, wieviel jene beträgt. Dieses ist auch eigentlich der Grund, warum ich das Beispiel von der Mischung des Weingeistes mit Wasser (S. 486.) nicht anders als es geschehen ist, vorgetragen habe. Es ist genug, daß daraus folgt, die Cohäsionskräfte der Mischung seyn dermaßen vermindert worden, daß etwa $\frac{1}{30}$ ste Theil der Feuertheilchen aus derselben weggehen mußte, ehe die Wärme der Mischung mit der Wärme der äußern Luft wieder ins Gleichgewicht kommen konnte, wie sie es in den Materien vor der Mischung war.

S. 488.

Unter den Muschenbroeckschen Versuchen ist in dieser Absicht besonders derjenige merkwürdig, da er in drey Quentchen Vitriolölhl, zwey Quentchen Salz

armonial mischte, die den 60sten Fahrenheitischen Grad von Wärme hatten. Die Mischung brausete heftig und mit vielem Schaume auf. Der davon aufsteigende Dampf wärmte ein darüber gehängtes Thermometer vom 60sten bis zum 70sten Grade, da hingegen ein in der Mischung selbst stehendes Thermometer vom 60sten bis zum 48sten Fahrenheitischen Grade fiel. Die Feuertheilchen wurden also hier mit einer ihnen nicht eigenthümlichen, sondern fremden Gewalt aus der Mischung herausgetrieben. Vermuthlich hatten sie mit der Materie des Dampfes eine mehrere Verbindung, so daß sie mit derselben fortgerissen wurden. Uebrigens kann es auch seyn, daß die Vermischung des Dampfes mit der Luft demselben mehr Hitze gegeben. Denn bey der Hitze von gährenden Materien hat die Luft immer auch vielen Antheil. Endlich, da bey so häufigen Dämpfen ein eigentliches Austrocknen statt findet, und selbst das gemeine Wasser beym Austrocknen mehr Wärme wegnimmt, (S. 281.) so konnte dieser Umstand mit dazu beitragen, daß das in der Mischung stehende Thermometer 12 Fahrenheitische Grade fiel.

S. 489.

In Ansehung einiger destillirten Wasser verdient angemerkt zu werden, daß sie wärmer werden, wenn man sie in Wasser giest, und hingegen kälter, wenn sie in Schnee oder zerstoßen Eis gegossen werden. Weingeist in Wasser gegossen, wurde um 13 Fahrenheitische Grade wärmer. (S. 484.) Hingegen in Schnee gegossen, fand Braun, daß das *de l'Isle*sche Thermometer vom 157sten auf den 177sten Grad fiel. Eben so fand Muschenbroeck, daß Salpetergeist in gleich viel Wasser gegossen, dieses vom 45sten bis zum 53sten Fahrenheitischen Grad wärmer machte. Braun goß Salpetergeist auf Schnee, und das *de l'Isle*sche Thermometer fiel vom 157sten bis zum 187sten Grad. Die stärkste Erkältung des Schnees brachte er durch den *Spir. nitr. fum.* hervor. Denn das *de l'Isle*sche Thermometer fiel darinn vom 157sten bis zum 215ten Grade. Es scheint, daß da die Theilchen des Wassers beym Frieren sich unter Winkeln von 60 oder 120 Graden zusammentheilen, dadurch viele Feuertheilchen vertrieben werden, welche, wenn das Eis wider flüßig werden soll, ersetzt werden müssen. Man kann nun aber nicht sagen, daß das Thermometer in solchen Fällen den wirklichen Grad der Kälte genau anzeige. Denn außer dem vorhin (S. 485.) angeführten Grunde kömmt hier noch die besondere Erfahrung vor, daß, wenn man das bereits erkältete Thermometer nochmals in Schnee setzt, und auf diesen ebenfalls Salpetergeist gießt, das Thermometer noch tiefer fällt. Bey solchen Anlässen hat nun Braun gefunden, daß das Fallen des Quecksilbers bis auf den 300ten *de l'Isle*schen Grad ziemlich regulär fortgeht, daß es aber von da anfängt, irregulärer und zuweilen mit einemale sehr schnell zu fallen, bröckligt wird, und endlich stockt und friert. Bey so tiefen Graden höret demnach die Ausdehnung des Quecksilbers auf, den Graden der noch übrigen Wärme proportional zu seyn. Die

Die Structur und Lage seiner Theile verändern sich nach eigenen Gesetzen. Braunt fand, daß seine *de l'Isles*chen Thermometer, ehe das Quecksilber gefroren schien, oder war, bis auf den 530, 650, 680, 700, 800, ja auch wohl 1500ten *del'Isles*chen Grad gefallen waren. Dieses geht weit über alle Proportion mit den Graden des Luftthermometers hinaus, und beweiset, daß die Grade aufhören, einander proportional zu bleiben. Es wäre also zu wünschen, daß solche Versuche mit einem Luftthermometer angestellt würden, damit es sich unmittelbar zeigte, wieviel in einer so strengen Kälte die Luft sich zusammenziehe. Dieses würde von dem Grade derselben eine richtigere Anzeige geben.

S. 490.

Uebrigen haben neuere Erfahrungen gelehrt, daß zum Frieren des Quecksilbers eine Siberische Kälte schon hinreichend ist. Den 30sten Dec. 1772. froz zu Irkutsk das Quecksilber im Barometer, und war oben in einem Raume von 5 Linien gebröcklet. Des Morgens war seine Höhe 28 Zoll 7 Linien englischen Maaßes. Um 11 Uhr, Vormittags, wurde es wieder flüßig, und seine Höhe betrug 29 Zoll 7 Linien, demnach 1 Zoll mehr. Das Quecksilberthermometer zeigte nach

	<i>de l'Isle</i>	Reaumur	
Morgens um 4 Uhr	213	— 34	
zwischen	(226 229)	— 40 — 42	war es gebröcklet.
Um 11 Uhr fiel es in die Kugel, als es wieder flüßig wurde.			
Um 1 Uhr stand es bey	254	— 56	
4 Uhr	194	— 24	

S. 491.

Zu Krasnojarsk unter dem 55ten Grad der Breite, fiel das Reaumur'sche Thermometer auf 50 Grad unter den Frierpunct. Diese Kälte hielt 3 Tage an. Eine Tasse, worinn $\frac{1}{2}$ Pfund Quecksilber war, wurde der Kälte ausgesetzt. Es fieng in Zeit von $\frac{3}{4}$ Stunden an zu frieren, und nach 3 Stunden war es ganz gefroren. Mit diesem Frieren des Quecksilbers, gieng es also natürlicher und auf eine weniger gezwungene Art zu, als bey den Braunnischen Versuchen. Und da das Reaumur'sche Thermometer, (welches vermuthlich von Quecksilber war) nur 50 Grade unter dem Frierpunct stand, so seht man, daß das Frieren des Quecksilbers einen eben nicht so starken Grad der Kälte erfordert. Denn dieser Grad kömmt mit dem 244sten *de l'Isles*chen überein. Und wenn das Fallen des Quecksilbers bey diesem Grade noch nicht allzu irregulär wird, so trift dieser Grad auf den 769sten des Luftthermometers, und ist demnach von dem Grade der absoluten Kälte o noch weit entfernt. Zu Göttingen hat man das Frieren des Quecksilbers

bey einem noch viel geringern Grad der Kälte wollen bemerkt haben. Ein Brandersches Weingeistthermometer stund 10 Grad unter Fahrenheit's 0, oder 18 Grad unter dem Frierpunct des Reaumur'schen Quecksilberthermometers. Das Quecksilber war in einem Glase mit Schnee umhüllet, in welchen Salmiak gemischt worden, und das Glas stund in eben solchem Schnee. Weiter sind mir die Umstände nicht bekannt, und so kann ich auch nicht sagen, ob etwa die Oberfläche des Quecksilbers feuchte geworden und mit einer dünnen durchsichtigen Eiskruste überzogen gewesen. Es wurde um 1 Uhr nach Mitternacht beobachtet, und des folgenden Morgens war die Flüssigkeit da. 2c.

Drittes Hauptstück.

Die Schnellkraft der Wärme.

S. 492.

Gullen, ein Edinburgischer Arzt, hat unter der Luftpumpe einige Versuche angestellt, die eigentlich hieher gehören. Wenn nemlich unter die Glocke einer Luftpumpe ein Thermometer gestellt wird, und man pumpet die Luft schnell aus, so fällt das Thermometer etwa 2 bis 3 Fahrenheit'sche Grade. Es steigt aber gleich darauf wieder eben so hoch, auch wohl noch etwas höher als es Anfangs stund. Wenn mit dem ersten Kolbenzug ein großer Theil der Luft schnell herausgezogen wird, die Glocke aber doch nicht allzu klein ist, so wird der Erfolg sicherer und merklicher. Im Jahr 1761 zeigte mir, der seitdem verstorbene Hr. Prof. Arnold zu Erlangen, den Versuch vor. Ich fand, daß das Fallen des Thermometers nur 3 Secunden Zeit gebrauchte, das Wiedersteigen aber doppelt langsamer erfolgte. Wenn wiederum Luft hineingelassen wird, so steigt das Thermometer ungefähr eben so viel über seine erste Höhe, als es bey dem Auspumpen unter dieselbe gefallen war. Aber auch dieses Steigen dauert nicht lange, weil das Thermometer gleich wiederum fällt. Daß bey dem Auspumpen der Luft wirklich eine Kälte entstehe, folgt unter anderm auch daraus, daß mit gehöriger Vorrichtung unter der Glocke das Wasser zum Frieren gebracht werden kann.

S. 493.

Diese Versuche hatten nichts, das mich sehr hätte befremden sollen. Ich gab dem Hrn. Arnold sogleich den Grund an, auf den ich durch andere Betrachtungen war geleitet worden, der ihn aber mehr befremdete, weil er, so viel ich nachgehends aus einer von ihm in Druck gegebenen Schrift gesehen, sich schon einen ganz andern Lehrbegriff von der Sache gemacht hatte. Mein Grund war, daß mit der Luft auch die darinn befindlichen Feuertheilchen ausgespumt werden,

und folglich die Dichtigkeit der Feuertheilchen in gleichem Maasse, wie die von der Luft abnimmt. Wenn also 3. E. mit dem ersten Kolbenzuge die Luft unter der Glocke um die Hälfte verdünnet wird, so wird auch die Dichtigkeit der Feuertheilchen und mit derselben die Wärme um die Hälfte vermindert. Also würde die Wärme vom 1100ten Grade des Luftthermometers auf den 550ten Grad herunter gebracht. Eine solche Kälte kann aber unter der Glocke nicht wirklich statt finden. Denn außerdem, daß die Verdünnung der Luft nicht augenblicklich geschieht, so sind in dem Glase der Glocke und dem Zeller der Luftpumpe noch Feuertheilchen, die mit Macht in die verdünnte und so stark erkältende Luft eindringen, bis der Abgang ersetzt wird. Das Thermometer selbst trägt eben dadurch, daß es erkaltet, seinen Theil mit bey. Das Verdünnen der Luft, nach Oeffnung des Hahns, brauchte 3 Secunden Zeit. Und so lange fiel das Thermometer, dann brauchte es 6 bis 8 Secunden Zeit, ehe aus dem Glase und dem Zeller genug Feuertheilchen in die verdünnte Luft gedrungen waren, um den Abgang wieder zu ersetzen. Wir haben oben gesehen, daß die Wärme aus festen und dichten Körpern langsam in die Luft geht. Es brauchte also aus diesem Grunde mehr Zeit. Der Umstand, daß das Thermometer in der ersten Secunde einen Fahrenheitischen Grad gefallen, zeigt an, daß die anfängliche Kälte, so durch die Verdünnung der Luft und der Feuertheilchen entstanden, 200 und mehr Grade müsse betragen haben, weil es sonst nicht so schnell hätte fallen können. Die Luft unter der Glocke muß so viel Grade kälter geworden seyn, so viel Secunden Zeit die Erkältungs-Subtangente des Thermometers austrägt. Denn wenn wir in der Formel (§. 258.)

$$\frac{d y}{y} = \frac{d \tau}{7}$$

für $d \tau$ die erste Secunde, und für $- d y$ einen Grad setzen, so muß der anfängliche Unterschied der Wärme y so viele Grade enthalten, als die Subtangente 7 Secunden Zeit enthält.

§. 494.

Ich sagte vorhin, daß ich durch andere Betrachtungen auf den hier angegebenen Grund war geleitet worden. Denn wenn man setzt, die Dichtigkeit der Feuertheilchen in einem Körper, sey in Verhältniß ihrer Menge durch den Raum des Körpers dividirt, so kann wegen der geringen Ausdehnung der Körper durch die Wärme ihr Raum als beständig angesehen werden, und in sofern setzt man, daß in einerley Körper, die Wärme wie die Menge der Feuertheilchen zunehme. Nun sahe ich ohne Mühe, daß, da die Luft sich durch die Wärme sehr stark ausdehnt, die Erweiterung ihres Raumes nicht aus der Acht gelassen werden könne. Und da die Luft durch äußere Gewalt so leicht größer und kleiner gemacht werden kann, so gab dieses ganz ungezwungen einen Anlaß nachzusehen, was alsdann aus den Feuertheilchen wird. Anders war nun wohl nicht zu schließen, als daß sie in

Absicht auf die Dichtigkeit mit der Luft einerley Schicksal haben müssen, und der Unterschied nur darinn bestehen könne, daß die Feuertheilchen durch das Glas und Metall der Luftpumpe durchdringen, und demnach die Erkältung, so durch die Verdünnung entsteht, wieder aufheben können. Dieses würde nun augenblicklich statt finden, wenn die Wärme so leicht als das Licht durch Glas gieng. Daran fehlt aber viel. Ich sahe demnach, daß es fürnemlich darauf ankomme, daß die Luft, und mit derselben die Wärme schneller ausgepumpt werde, als der Abgang der Wärme durch die aus dem Glase und Metall ausfließenden Feuertheilchen ersetzt werden kann. Hr. Arnold nahm hierauf Rücksicht. Seine Glocke hatte kaum 5 Zoll Höhe und $3\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser. Er gebrauchte ein Drebbelsches sehr empfindliches Thermometer. Er öffnete den Hahn erst, nachdem der Kolbe schon ganz ausgezogen war, damit die Luft mit voller Macht aus der Glocke in den Cylinder dringen konnte, und desto schneller verdünnet würde. Wenn er aber den Hahn nur wenig öffnete, so daß die Luft sich langsamer durchzog, so fand er auch immer, daß das Thermometer sich wenig oder gar nicht veränderte. Endlich merkte er auch an, daß viel auf die Größe der Glocke ankomme. Dieses ist für sich klar. Denn eine größere Glocke hat nach Verhältnis des Raumes weniger Oberfläche, oder welches einerley ist, eine größere Erkältungs-Subtangente. Also wird in derselben, die durch das Auspumpen verminderte Wärme langsamer wieder ersetzt, folglich hat das Thermometer Zeit mehr zu fallen, als es bey gleicher und gleich schneller Verdünnung der Luft unter einer kleinern Glocke fallen kann.

§. 495.

Da diese Veränderung der Wärme nur einige Secunden dauert, so sind auch die daherrührende Wirkungen nur augenblicklich. Indessen können auch augenblickliche Wirkungen in ihrem Erfolge beträchtlich seyn. Man setze, die Luft werde augenblicklich in einen doppelt kleinern Raum zusammengepreßt, so wird ihre Dichtigkeit sowohl, als ihre Wärme verdoppelt, und so muß ihre Schnellkraft nicht doppelt, sondern viermal größer werden. Sie behält aber diese vierfache Größe nicht lange, weil die doppelt größere Wärme sich bald in den Körper hineinzieht, in welchem die Luft eingeschlossen ist, und sich mit der Wärme der äußern Luft wieder ins Gleichgewicht setzt. Eben so geschwinde kommt auch die vierfache Schnellkraft wieder aufs zweifache herunter. Bey den Windbüchsen wird sehr zusammengepreßte Luft schnell dünner, wenn die Kugel herausfährt, und so kann es seyn, daß die Schnellkraft auch wegen der Verdünnung der Feuertheilchen, und demnach mehr als in umgekehrter Verhältnis des Raumes geringer wird.

§. 496.

Der Raum über dem Quecksilber im Barometer soll, so viel möglich, luftleer seyn. Man kann denselben dadurch, daß man das Quecksilber zum Schwarz-

ken bringt, vergrößern und verkleinern, und da wird die Dichtigkeit der Feuertheilchen in diesem Raume, und mit derselben die Wärme ebenfalls schnell verändert. Dadurch erfolgt ein Zufluß von Feuertheilchen aus dem Glase und dem Quecksilber in dem luftleeren Raume, und aus demselben wiederum in das Glas und das Quecksilber zurücke. Vielleicht trägt dieses etwas mit zu dem Leuchten bey, welches man oben an dem Quecksilber, zumal wenn es sich senket, im Dunkeln bemerkt. Die Feuertheilchen in dem luftleeren Raume scheinen keinen eigenen Druck gegen das Quecksilber zu äußern. Wärmt man aber die Röhre durch Annäherung der Flamme eines Lichtes, so dringt mehr Wärme in den luftleeren Raum, und das Quecksilber fällt oder wird durch die vermehrte Schnellkraft heruntergedrückt. Dieses Fallen ist allerdings schneller und stärker, wenn der Raum weniger luftleer ist. Ich sehe aber nicht, warum nicht auch in einem ganz luftleeren Raume, die schnell aufgehäuften Wärme einen Druck sollte äußern können, wenn sie gleich ihre Kraft mehr auf die Theilchen der Körper, und die Trennung derselben als auf die Oberfläche, im Ganzen betrachtet, äußert.

S. 497.

Da indessen die Schnellkraft der Wärme dadurch, daß sie die von der Luft, von den Dünsten &c. verstärket, kräftigere Wirkung äußert, so verdient sie auch in dieser Absicht vorzüglicher betrachtet zu werden. Ich habe gleich Anfangs (S. 23.) bey Anlaß von Drebbels Thermometer angeführt, wie derselbe bedacht gewesen, die durch die Wärme verstärkte Schnellkraft der Luft zu nutzen, und durch Verbergung des Kunststückes Verwunderung zu erregen. Dieses mußte ihm desto nothwendiger gelingen, weil es, wenn er es nicht selbst sagte, niemand so leicht in Sinn kommen konnte, die wahre wirkende Ursache in einem leeren Glase zu suchen. Das Glas war freylich nicht ganz leer, sondern voll Luft. Aber damals ließ sich niemand in Sinn kommen, in einem Glase voll Luft wirkende Kräfte zu suchen.

S. 498.

Diese Kräfte sind nun allerdings nicht geringe. Der Druck der Luft gleicht dem von einer 28 Pariser Zoll hohen Quecksilbersäule, und beträgt demnach auf einen Rheint. Quadratuß 20,30 Berliner Pfund. Diese Kraft wird bey eingeschlossener Luft vom Frierpunct bis zum Siedepunct in der Verhältniß von 1000 zu 1370 Graden des Luftthermometers verstärkt. Demnach = 2808 Pfund. Der Ueberschuß ist = 758 Pfund für 80 Grad Wärme des Reaumur'schen Quecksilberthermometers. Dieses gibt für jeden einzeln Grad eine Ueberwicht von 9,475 oder $9\frac{1}{2}$ Pfund. Nun kann selbst die aufgehende Sonne, die noch wenig Kraft hat, in kurzer Zeit eine Wärme von mehreren Graden bewirken, und so konnte es Drebbeln an bewegender Kraft nicht fehlen, zumal wenn er den Druck der Luft auf mehrere Quadratuße gebrauchen wollte.

§. 499.

Man erzählt von Memmons Bildsäule, daß sie beim Aufgange der Sonne einen Ton von sich gegeben. Die Einrichtung der Bildsäule mag dahin gestellt bleiben. Man weiß aber, mittelst der sogenannten Windprobe der Orgelbauer, daß die größte Orgelpfeife anspricht, wenn die Kraft der Luft um $\frac{1}{120}$ Theil verstärkt wird oder einer Wassersäule von etwa 3 Zollen das Gleichgewicht hält. Zu einer solchen Verstärkung ist eine Erwärmung von 8 Graden des Luftthermometers oder von etwa 2 Reaumur'schen Graden schon hinreichend. Und die aufgehende Sonne bringt diese und selbst noch größere Wärme leicht und bald hervor; wenn sie zumal einen dunkelfarbigen Körper bescheint. An der mechanischen Einrichtung solcher Kunstwerke werde ich mich hier nicht aufhalten. Denn hier war eigentlich nur die Frage, die bewegende Kraft, sofern sie von der Wärme herrührt, zu bestimmen und mit den Graden der Wärme zu vergleichen. Man sieht nun ohne Mühe, daß diese Kraft mit den Flächenräumen, worauf sie wirkt, größer wird, daß die Luft eingeschlossen bleiben muß, bis sie durch die Erwärmung einen bestimmten Grad der Stärke erhalten, wenn man ihre Kraft ganz nutzen will, und daß, da die Kraft groß, die Bewegung aber geringe ist, man durch besondere Einrichtungen daraus eine mit mehrerer Bewegung geringere Kraft ableiten müsse, wenn man mehr auf Bewegung und Geschwindigkeit als auf die Kraft zu sehen hat. Eine ähnliche Anmerkung kommt bereits im 452sten §. vor.

§. 500.

Sofern die Dünste durch die Wärme sehr elastisch werden, wird, wie wir bereits oben (§. 245) gesehen haben, ein größerer Grad der Wärme erfordert. Die dadurch erregte Schnellkraft wächst ebenfalls nach Maasse der Flächen, auf welche sie wirkt, und ihr Druck auf einen Quadratzuß kann vielen Tausend Pfunden das Gleichgewicht halten. Wir sehen aus der Tafel, (§. 244.) daß, wenn nur die Hitze des Siedepuncts statt findet, die Kraft der Dünste und der Luft schon mehr als der Druck von zweien Atmosphären, und demnach auf einen Quadratzuß bey 6000 Pfund austrägt. (§. 498.)

§. 501.

Kräftiger aber und schneller wirkt die Hitze, wenn sie, wie es bey der Entzündung des Schießpulvers geschieht, die sogenannte fixe Luft in demselben frey und elastisch machet, und derselben zugleich eine Wärme von 4000 und mehr Graden des Luftthermometers (§. 92.) mittheilt. Diese Erhitzung kann in bloßer Luft schon ihren Druck aufs vierfache verstärken, so daß er auf einen Quadratzuß 11000 und mehr Pfund beträgt. Die fixe und aufgelöste Luft macht aber diese Kraft

noch einige hundertmal stärker. Ich habe in den Anmerkungen über die Gewalt des Schießpulvers gefunden, daß die anfängliche Kraft desselben in Flintenläufen so viel als der Druck von 240 Atmosphären austrägt, ohne hiebei mitzurechnen, was durch den Spielraum der Kugel und das Zündloch verloren geht, und was noch hinzukommen würde, wenn das Pulver sich mit einemale entzündete. Beym groben Geschütze oder eigentlich bey Kanonen, ist das Zündloch nach Maaße der Größe des Stückes kleiner. Und daher wird auch, wenn man die Kraft des Pulvers durch den Erfolg bestimmt, diese Kraft größer herausgebracht. Aus dem *Procès verbal* des Belidor von mehreren zu Neß angestellten Versuchen, finde ich, daß die anfängliche Kraft des Pulvers in den Kanonen so viel als der Druck von 1081 Atmosphären betragen hat, ebenfalls ohne mitzurechnen, was durch das Zündloch und den Spielraum verloren geht, und was noch hinzukommen würde, wenn das Pulver sich mit einemale entzündete. Bey Mörsern findet man ungleich weniger als bey Flintenläufen. Bey Raketten wird die Kraft des Pulvers sehr schwach gemacht, und sie hat nur den Gegendruck der äußern Luft zum Widerstande. Eine einsündige Rakete wiegt 1 Pfund und ist 1 Fuß lang. Ihr äußerer Diameter beträgt $\frac{2}{3}$ Zoll. Damit beträgt der Gegendruck der Luft etwa 32 Pfund. Die Basis der Flamme ist aber nur $\frac{1}{3}$ der ganzen Basis. Und demnach kann der Gegendruck der Luft nur $= \frac{1}{3} \cdot 32 = 14$ Pfund gesetzt werden. Wenn also die Ueberwucht der Flamme nur $\frac{1}{4}$ Theil dieses Druckes betragen sollte, so würde sie $= 1$ Pfund, und folglich dem Gewicht der Rakete gleich seyn. Die Rakete würde demnach weder steigen noch fallen, sondern nur schweben. Ist aber die Ueberwucht von der Kraft der Flamme doppelt stärker, so steigt die Rakete Anfangs mit eben der Beschleunigung, wie ein Körper fällt, nachgehends aber noch schneller, weil die Rakete durch das Wegbrennen des Saßes leichter wird. Eine Rakete, die 18 Loth Saß, 11 Loth Schwärmer, 9 Loth Papier, 16 Loth Stange hat, braucht zum Abbrennen etwa 5 Sekunden Zeit, und steigt während dieser Zeit auf eine Höhe von etwa 400 Fuß. In gleicher Zeit würde ein Körper ungefähr eben so viel fallen. Es folgt also hieraus, daß die Kraft der Flamme nur etwa doppelt größer als das Gewicht der Rakete ist. Es scheint dieses wenig zu seyn. Da es aber den $\frac{1}{7}$ Theil von dem Drucke der Luft beträgt, so folgt immer, daß die Funken mit einer Geschwindigkeit von $\sqrt{(26000 \cdot 62\frac{1}{2} : 7)} = 482$ Fuß aus der Rakete herausgeblasen werden.

Viertes Hauptstück. Stufen der Wärme.

S. 502.

Seit der Erfindung der Thermometer kann jeder Grad derselben eine Stufe der Wärme vorstellen, und genau angegeben werden. Vorhin mußte man sich an andere Kennzeichen halten, und jede Stufe durch einen besondern Namen anzeigen. Die üblichsten waren von unserer Empfindung hergenommen, und diese habe ich bereits oben (S. 3. 4. 26.) angeführt. Etwas mehr Mühe hatte man sich in der Chemie gegeben, weil da alle Stufen der Wärme und Hitze vorkommen. Indessen blieben bey allen Benennungen und äußerlichen Kennzeichen die Stufen selbst oder ihr wahrer innerer Werth und Gehalt sehr unkenntlich, zumal da sie oft mehr der Materie und Form nach als in der Kraft selbst verschieden sind.

S. 503.

Boerhave war, so viel ich weiß, der erste, der in seiner Chemie die Stufen der Wärme kenntlicher machte. Und dazu verhalf ihm Fahrenheit mit seinen Thermometern, weil diese nun einmal eine verständliche Sprache hatten. Eigentlich aber bestimmte Boerhave doch nur die Grenzen der fürnehmsten Grade, Und so zählet er folgende sechs.

1. Die Stufen der Wärme für das Pflanzenreich und dessen Wachstum, fallen zwischen 0 und den 80sten Grad Fahrenheitischen Thermometers. Das ist also zwischen die strengste Winterkälte und ordentliche Sommerwärme in Deutschland, Holland &c.
2. Die Stufen für das Thierreich setzt er für die Fische zwischen den 34sten und 40sten Grad, für die Landthiere aber zwischen den 40sten und 94sten.
3. Vom 94sten bis zum 212ten Grad findet er die Stufenwärme, bey denen das Aufströcken, Ausdünsten, Destilliren &c. seinen guten Fortgang hat.
4. Vom 212ten bis zum 600ten Grad, setzt er die zum Rösten und Sublimiren nöthige Hitze, wo jedoch auch schon Zinn und Blei schmelzen. Eigentlich ist der 600te Grad, der vom siedenden Quecksilber, und so ziemlich auch der vom siedenden Leinöhl.
5. Vom 600ten Grade, bis weiter hinaus, geht die zum Rösten, Glühen und Schmelzen der härtern Metalle nöthige Hitze.
6. Endlich finden sich die höchsten Grade der Hitze im Brennpuncte der großen Brenngläser und Brennspiegel.

S. 504.

Erleben in seiner Chemie geht hieson nur in sofern ab, als er die Grade schlechthin nur zum Behufe der Scheidekunst angibt. Und so zählet er folgende fünf Stufen nach dem Fahrenheitischen Thermometer:

1. Das

1. Das Digestionsfeuer vom 40sten bis zum 96sten Grade.
2. Das Destillirfeuer vom 96sten bis zum 212ten Grade.
3. Das Sublimir- oder Cementirfeuer vom 212ten bis zum 600ten Grade.
4. Das Glasofen- Schm. lz- oder Reverberirfeuer vom 600ten bis zum 1500ten Grade.
5. Die Brennspiegelhitze.

S. 505.

Dieses sind nun eigentlich nur Grenzen, und zwar sind sie ziemlich weit von einander. Bey andern Scheidekünstlern habe ich folgende Stufen angezeigt gefunden:

1. Die Wärme einer brütenden Henne oder anderer Vögel.
2. Die Hitze des Mistbeetes, des Lohebettes, wie auch anderer Gährungen.
3. Das Dampfbad.
4. Das kochende Wasserbad.
5. Das Aschenbad.
6. Das Sandbad.
7. Das Eisenfeilebad.
8. Glühende Kohlen.
9. Das Schmiedefeuer.
10. Die Brennspiegelhitze.

Man sieht aus diesen Angaben, daß sie Grade angeben, die der Scheidekünstler nicht nach Belieben ändern kann. Schien ihm zu einer Verrichtung, die nur langsam und mit gemäßigter Wärme von statten gehen sollte, das siedende Wasser oder der 212te Fahrenheit'sche Grad zu heiß, so fand er in dem Dampfe über demselben einen geringern Grad. Und wenn ihm auch dieser noch zu groß vorkam, nahm er etwa zu Pferdemit seine Zuflucht, welcher nach Hales Beobachtung auf den 58sten Grad seines Thermometers (S. 161.) oder auf den 128sten Fahrenheit'schen Grad trifft. Wenn nun auch dieses noch zu viel schien, so wurde etwan das Gläschen, worinn die Materie digerirt werden sollte, eine brütende Henne untergelegt, und das war etwa der 100te Fahrenheit'sche Grad. Dazu kam zu weilen auch der Glaube, als wären solche Grade der Wärme nicht bloß nach der Stärke, sondern selbst, der Art nach, verschieden, wenn man gleich die Gläser, so man in Pferdemit setzte, sorgfältig verschloß, damit nur die Wärme und nicht etwa andere Quintessenzen in die zu digerirende Materie kommen möchte. Die verschiedenen Bäder von Wasser, Asche, Sand, Eisenfeile &c. geben auf größere Grade der Hitze. Ich habe bereits oben (S. 337.) angezeigt, wie sie einzurichten sind, damit sie nicht nur einen, sondern alle Grade der Wärme erhalten, und zwar beständig gleich, so lange ein gleich stark brennendes Feuer unterhalten wird. Bey den glühenden Kohlen, so wie auch bey dem mit heller Flamme brennenden Feuer

Kommt dann auch der Unterschied vor, ob der zu erhitzende Körper nur daran oder darüber gehalten oder ganz darein gelegt wird. Denn in beyden ersten Fällen, empfängt nur die gegen das Feuer gelehrte Seite die Hitze unmittelbar. Das oben (S. 286.) erwähnte Umwenden kommt dann allerdings mit in Betrachtung.

S. 506.

Im Jahr 1746. gab Succow zu Jena, einen Versuch eines chymischen Thermometers in seiner Dissert. *de Expansione aeris per ignem* heraus, wobey er mehrere Stufen von Wärme angiebt, die, seinem Erachten nach, gleich viel von einander verschieden waren. Er theilt sie in zwei Classen, und da unter denselben die Wärme einer brütenden Henne und die Hitze des siedenden Wassers mit vorkommt, so gab mir dieses Anlaß, die Grade seines chymischen Thermometers mit den Fahrenheitischen zu vergleichen. Es sind folgende:

Succow.	Fahrenh.	Erste Classe.
0	68	Die Wärme der Luft zur Zeit der Versuche.
15	104	Wärme zum Eyer brüten.
30	140	Wasser, darinn man die Hand nicht lange halten kann.
45	176	Wasser, das beyhm Kochen anfängt, ein Geräusche zu machen.
60	212	siedend Wasser.
		Zwente Classe.
50	188	Asche, so man ohne Schmerzen nicht berühren kann.
74	246	Asche, worinn ein Federkiel weich wird.
105	320	Asche, worinn ein Federkiel gleich einschmarzt und gelb wird.
120	356	Asche, die die Spitze eines Holzes zu Kohlen brennt.?

Man sieht hieraus, daß die erste Classe für das Wasserbad, die zwente für das Aschenbad ist. Die Benennungen der Grade sind in der That chymisch. Ehemals mußten sich die Chymisten wohl noch an unbestimmtere Kennzeichen halten. Der 30ste Succowsche oder 140ste Fahrenheitische, hätte übrigens auch durch gerinnendes Wachs, und der 176ste durch siedenden Alcohol kenntlich gemacht werden können. Bey dem 188sten Fahrenheitischen Grad kann gemeyner Branntwein zum Sieden gebracht werden. Und die drey letzten Grade des Aschenbades würden sich durch schmelzende Mischungen von Zinn, Bley und Wisnuth leicht kenntlich machen lassen. (S. 479.)

S. 507.

Ungeachtet nun die Scheidekünstler sich viele Mühe gegeben hatten, mehrere Stufen der Wärme zu bestimmen und kenntlich zu machen, so scheinen sie doch

hingegen um die wahren Gründe, warum ihnen so verschiedene Stufen nöthig wären, weniger bemühet gewesen zu seyn. Mehrentheils ließen sie es auf Versuche ankommen, wobey sie etwa die Wärme stufenweise verstärkten, ohne deswegen immer den wahren Grad zu treffen. Indessen sollte es demalen nicht so ganz unmöglich seyn, an eine brauchbare Theorie zu denken. So z. E. giebt die Wärme den Theilchen des Wassers eine Bewegung und Wirksamkeit, die beym Auflösen der Salze und beym Erweichen der Theile des Pflanzenreiches nach Maaße der Wärme größer ist. Die Grenzen hiebey sind der Siedepunct und der Frierpunct, oder dehnen sich wenigstens nicht viel weiter aus. Was an den Pflanzen aus Wasser besteht, leidet innerhalb dieser Grenzen keine Veränderungen. Die noch flüchtigere Theile haben engere Grenzen, und dieses macht geringere Grade von Wärme nöthig, weil dabey die festern und gröbern Theile ungetrennt bleiben. Ebenrals suchte man durch strenges und oftmals wiederholtes Destilliren den reinsten Weingeist zu erhalten. Seitdem fand man, daß bey gelinder Wärme nur Gedult und Zeit nöthig ist, und nur eine Destillation erfordert wird. Fette und öhligte Theile leiden und fordern gewöhnlich auch mehr Hitze. Sind sie mit wässerichten verbunden, so geht auch, um diese abzusondern, die gelindere Wärme voran, ehe man anfängt das Feuer zu verstärken. Und dennoch bleiben die zurück, die mit den Salztheilchen zu feste verbunden sind, als daß sie, ohne diese mitzunehmen, abgezogen werden könnten, wozu dann eine kräftiger trennende Hitze nöthig ist. Körper, die durch die Wärme in Fluß kommen sollen, fordern jeder seinen besondern Grad von Hitze, und dieser ist von demjenigen, wobey sie zum Sieden gebracht werden, oft noch weit entfernt. Betrachtungen von dieser Art bieten sich leicht noch mehrere an und können gut gebraucht werden, wenn es die Frage ist, genauer zu bestimmen, was durch die verschiedene Stufen des Feuers erhalten werden kann.

§. 508.

Was nun überhaupt die durch äußere Merkmale bestimmte Grade der Wärme betrifft, so kommt im vorhergehenden bey Anlaß der Thermometer, so wie auch bey andern Veranlassungen, eine beträchtliche Anzahl derselben vor. Es bleiben aber noch mehrere, die bereits durch Versuche bestimmt worden sind, zurück. Und von diesen mögen folgende hier ihren Ort haben. Ich sehe sie in Graden des Luftthermometers, wie auch in Graden des Fahrenheit'schen Thermometers hier an, weil in der That die meisten, mittelst des Fahrenheit'schen Thermometers ange stellt, oder wenigstens unmittelbar auf dasselbe reducirt worden sind. Von den Reductionen habe ich mehrere selbst nachgerechnet, und wo es wegen der ungleichen Grade der Weingeist und Quecksilberthermometer nöthig war, die Verbesserung vorgenommen. Dahin gehören besonders die von Reaumur beobachteten Frierpuncte des mit Wasser geschwächten Weingeistes, die von Martine aus

den oben (S. 133. 163.) angeführten Gründen sehr unrichtig auf Fahrenheit'sche Grade reducirt worden sind.

Fahren- heit.	Luftthermo- meter.	Berechnete Grade der Wärme.
— 62	769	frierend Quecksilber in freyer Luft. (S. 491.)
— 40	852	frierender Salpetergeist.
— 32	868	frierender Branntwein.
— 28	877	3 Theile Weingeist und 2 Theile Wasser frieren.
— 24	885	eine Mischung von gleich viel Weingeist und Wasser friert.
— 13	908	Kälte, so die Seidenwurmeyer noch aushalten.
— 6	922	Schnee mit Küchensalz vermischt.
— 4	926	1 Theil Weingeist und 3 Theile Wassers frieren.
0	934	Schnee mit Salmiak.
+ 20	975	frierender Burgunder, auch Maderawein.
25	985	frierendes Hammelblut.
28	992	frierender Weinessig.
30	996	frierende Milch.
32	1000	frierend Wasser.
43	1021	stockendes Baumöhl.
74	1085	stockende Butter.
82	1103	schmelzende Butter.
86	1111	Mineralwasser zu <i>Chatel-Guion</i> .
88	1115	siedende Maybutter.
96	1132	Wärme des Blutes.
97	1134	Wärme im Bienenkorbe.
100	1140	Hitze, so den Seidenwurmeyern tödtlich.
100	1140	schmelzendes Schweinsnierefett.
101	1142	Ziegenblut, Schaafsblut.
102	1144	Seekalbswärme, Hundsblood.
104	1148	schmelzender Tack von Ochsen und Hirschen.
104	1148	Schweinsblut, Kalbsblut.
104	1148	Mineralwasser zu Pfeffers.
106	1152	Bad zu Balarre in Navarre.
108	1156	Blutwärme in Fiebern.
108	1156	schmelzender Wallrath, britende Henne.
111	1162	Wärme eines Rothbrüstchens.
111	1162	Wasser zu heiß für Frösche.
112	1164	gerinnend Unschlitt.
113	1166	Cäsars Bad auf dem Mont d'or.

113	1166	Blut in hitzigen Fiebern.
115	1171	eine Mineralquelle zu Pisa.
117	1175	Mühlbrunnquell im Carlsbad.
124	1189	schmelzender Nierentalk vom Hammel.
128	1197	Pferdemistbeet.
133	1208	Wasser, so Fröscheneyern tödtlich.
137	1216	neue Quelle im Carlsbad.
140	1222	stockend Wachs.
142	1226	stießend Wachs.
150	1238	schmelzend Harz.
156	1255	Wasser, darinn ein Ey hart siedet.
156	1255	gerinnend Blut.
160	1263	schwarzes Pech schmilzt.
163	1269	Brudelwasser im Stender im Carlsbad.
174	1292	Alcohol siedet.
190	1325	Branntwein siedet.
199	1343	rother Franzwein siedet.
212	1370	siedend Wasser. (S. 190 — 193.)
216	1378	Geigenharz wird weich.
218	1382	siedend Meerwasser.
228	1403	schmelzend Siegellack.
236	1419	schmelzender Schwefel.
240	1428	geschmolzen Geigenharz, siedende Potaschlauge.
242	1432	siedend Scheidwasser, Salpetergeist.
244	1436	geschmolzener Schwefel.
420	1798	schmelzend Zinn.
460	1880	schmelzender Wismuth.
546	2057	siedend Vitriolöhl.
547	2059	siedender Schwefelgeist per campanam.
550	2065	schmelzend Bley.
560	2085	siedend Therbentindhl.
600	2167	siedend Quecksilber, Leindhl.
606	2180	schmelzender Goldmarcast.
715	2404	siedend Rübsaamenöhl.
766	2509	weiches Glas fängt an zu schmelzen.
800	2579	schmelzender Zink.
805	2630	schmelzender Reg. ꝯ. mart.
1000	2990	schmelzend Silber.
1300	3596	schmelzend Gold.
1450	3915	schmelzend Kupfer, Koboldkönig.
1600	4223	schmelzend Eisen.

Fünftes Hauptstück. Verstärkung des Feuers.

§. 509.

Die Stärke eines Feuers hängt überhaupt von dem brennlichen Wesen ab, das sich im Holze, Steinkohlen, Schwefel, Dehle zc. befindet, und selbst auch beim Brennen noch hinzukommt. Sodann kommt auch viel auf die Wegräumung der Hindernisse an, durch welche das Feuer vermindert, aufgehalten oder zu schnelle zerstreuet wird. Alles dieses bestätigt sich durch die tägliche Erfahrung ohne Mühe. Daß nicht alle Arten Holzes gleiche Hitze geben, ist jedermann bekannt. Eben so bekannt ist es, daß trockenes Holz besser brennt als feuchtes. Nur ist anzumerken, daß, wenn man nasses Holz, um es zum Brennen tauglicher zu machen, auströcknet, dieses eben nicht bey einer Hitze geschehen müsse, wodurch nebst den wässerichten Theilchen auch die fetten oder öhligen daraus weggehen.

§. 510.

Da ferner das Holz nicht brennt, ehe es die zum Anbrennen nöthige Hitze erlangt hat, so ist auch leicht zu begreifen, daß es eher und schneller Feuer fängt, wenn es zur Zeit, da man es ins Feuer legt, an sich schon stark erwärmt ist. Wo man demnach eine starke und anhaltende Flamme nöthig hat: da muß man dieselbe durch Anlegen von kaltem Holze nicht erst wieder schwächen. Man stüzt daher das Holz, so noch ferner einzulegen ist, neben der Flamme, damit es erhitzt werde, und desto schneller Feuer fange, wenn es eingelegt wird.

§. 511.

Beim Einlegen des Holzes kommt ferner auf die Art, wie es gelegt wird, sehr viel an. Ein einzelnes Stück Holz brennt nur, sofern es viel Harz enthält oder mit Dehle getränkt, wenigstens an der Oberfläche bestrichen ist. Liegen zwey Stücke so auf einander, daß die Flamme nicht zwischen durch kann, so brennen sie kaum besser als ein einzelnes Stück. Eben so schlecht geht es, wenn sie zu weit voneinander entfernt sind. Die Flammen von beyden müssen sich so nahe seyn, daß sie nur eine Flamme ausmachen. Man erhält dieses am besten, wenn die Stücke Holzes nur an den scharfen Kanten einander berühren.

§. 512.

Das Einschließen des Feuers trägt ebenfalls zur Verstärkung und längerer Erhaltung der Hitze mit bey. Beim Kohlfeuer in Schmelzöfen und Schmiedehäfen, wird die Flamme vermieden, und man ist fürnehmlich bemüht, die Hitze beisammen zu halten. Dazu sind die Kohlen vorzüglich gut. Man bedeckt das

Feuer damit und begießt sie mit Wasser. Damit machen Kohlen und Asche eine Kruste, welche die Hitze besammeln hält und wieder zurückschlägt. Wo hingegen, wie bey Keverberir-Defen ein Zugfeuer nöthig ist, da kömmt die Verengerung des Raumes zu statten. Wie diese vorgenommen werden müsse, habe ich bereits oben (S. 410. u. f.) angeführt.

S. 513.

Eines der wirksamsten Hülfsmittel zur Verstärkung der Hitze ist das Ausblasen. Das Feuer muß an sich schon einen Zufluß von Luft haben. Die Luft ist mit allen Arten von Ausdünstungen, und besonders auch mit brennlichem Wasser beladen, welches dem Feuer Nahrung giebt. Sodann wird auch die Bewegung des Feuers durch den Zufluß der Luft, und die schnelle Ausdehnung, so sie im Feuer leidet, befördert und wirksamer gemacht. Ueberdies kann durch gehöriges Anblasen die Kraft des Feuers nach einer beliebigen Gegend gerichtet werden, und die vermehrte Geschwindigkeit machet, daß in gleicher Zeit destomehr Feuertheilchen gegen den zu erheizenden Körper getrieben werden. Aus diesem Grunde läßt es sich gedenken, daß, wenn durch das Löhrröhrchen B A die Flamme nach C E getrieben wird, ihre Kraft in Verhältniß von E F zu C E verstärkt werde. Dieses machet, daß man in E eine ziemlich dicke gläserne Röhre schmelzen kann, da hingegen in der gerade aufwärts und frey brennenden Flamme sich kaum ein dünnes Haarröhrchen zuschmelzen läßt. 23. Figur.

S. 514.

Endlich ist auch das Reiben und Hämmern ein Mittel die Wärme zu verstärken. Die Theilchen der Körper werden dadurch zusammengepreßt, und dieses machet die Dichtigkeit der Feuertheilchen größer. Sodann entsteht dadurch eine zitternde Bewegung, welche mit beiträgt, daß die Feuertheilchen wirksamer werden. (451.) Beym starken Reiben geräth Holz in Flammen, und kaltes Eisen läßt sich durch bloßes Hämmern glühend schmieden. Es wird dichter, zugleich aber auch spröder.

Der
Pyrometrie
oder
vom Maaße des Feuers und der Wärme
Sechster Theil.

Erstes Hauptstück.

Grundbegriffe.

§. 515.

Ich verstehe hier durch Menge der Wärme so viel als die ganze Summe oder den ganzen Vorrath derselben in beliebigen Absichten. Sie kömmt in vielen Fällen mit dem überein, was wir Menge der Feuertheilchen nennen können. Es giebt aber auch Fälle, wo ein Unterschied gemacht werden muß, sofern nemlich von gleich vielen Feuertheilchen ungleich viel Wärme entsteht, wenn sie nicht in einerley Art von Körpern sind. (§. 309.) Das Wort Wärme bezieht sich auf die Kraft der Wärme, ohne Rücksicht auf die Menge von Feuertheilchen, so dazu erfordert wird.

§. 516.

Die leichteste Art, sich diese Unterschiede deutlich vorzustellen, ist, wenn wir uns zween Körper, von einerley Materie aber, ungleicher Größe gedenken. Bey einerley Grad der Wärme werden wir doch sagen müssen, daß der größere mehr Wärme enthalte als der kleinere. Und man sieht ohne Mühe, daß, da die Stärke oder Kraft der Wärme in beyden gleich ist, die Menge der Wärme nach Maaße der Größe der Körper zunimmt.

§. 517.

Sind hingegen die Körper von gleicher Materie und Größe aber ungleich warm, so werden wir ebenfalls sagen müssen, daß in dem wärmern mehr Wärme sey. Die Menge der Wärme ist demnach hier ihrer Stärke oder Kraft proportional.

§. 518.

Es folgt nun hieraus ohne Mühe, daß, so lange die Körper von einerley Materie sind, die Menge der Wärme in zusammengesetzter Verhältniß ihrer Kraft
und

und der Größe des Körpers ist. Die Menge der Wärme läßt sich nicht wohl anders als vermittelst der Körper messen, in welchen sie sich befindet.

§. 519.

Sind die Körper nicht von einerley Materie, so wird zwar immer das erst erwähnte Verhältniß statt finden. Nur muß in denen Fällen, wo die Wärme aus dem einen in den andern übergeht, auf die Ungleichheit der Wirkung Rücksicht genommen werden. Denn das, was eigentlich übergeht, sind die Feuertheilchen. Und diese behalten oder äußern nicht in allen Körpern gleiche Kraft.

§. 520.

Um demnach hierüber Rechnung zu tragen, thut man am besten, wenn man die Menge der Feuertheilchen besonders berechnet. Wir können zwar dieselben weder abzählen, noch unmittelbar messen. Indessen hindert nichts, dieses mittelst der Körper selbst zu thun, in welchen sie sich befinden. Es kommt alles auf die Einheiten an, welche man bey der Rechnung zum Grunde legt. Und diese lassen sich gut kenntlich machen.

§. 521.

Also z. E., wenn ein Thermometer von gegebener Materie und Größe um eine bestimmte Anzahl von Graden steigen soll, so wird allerdings eine bestimmte Menge von Feuertheilchen dazu erfordert. Ein doppelt größeres Thermometer von gleicher Materie wird zu eben der Veränderung doppelt mehr Feuertheilchen nöthig haben.

§. 522.

Wiederum setze man z. E. ein gegebenes Thermometer steige an der Sonne 14 Reaumur'sche Grade, und seine Erklärungs-Subtangente sey von 8 Minuten: so würde es, wenn es bey dem Erwärmen nicht wieder erkältete, diese 14 Grade Wärme in 8 Minuten von der Sonne erhalten. Es erhält dieselben auch in der That in dieser Zeit. Der Unterschied ist also nur, daß ein Theil inzwischen wieder weggeht. Es hindert dieses aber nicht, die in einer beliebigen Zeit erhaltene oder zu erhaltende Wärme in eine Summe zu bringen, wenn die Berechnung dieser Summe zu andern Absichten und Vergleichen dienen kann.

§. 523.

Man gedenke sich eben so einen andern Körper, z. E. einen Cubicfuß Wasser, Stein, Eisen zc. Erhält derselbe einen bestimmten Grad von Wärme, so wird ebenfalls eine bestimmte Menge von Feuertheilchen dazu erfordert, er mag nun diese an der Sonne, oder am Feuer, oder mittelst eines andern Körpers erhalten. Das ändert an der Sache weiter nichts. Die Menge der Feuertheilchen oder der Wärme, kann immer mit derjenigen, so andere Körper von eben der Art, aber verschiedener Größe und bey andern Graden von Wärme erhalten, verglichen werden.

N n

§. 524.

Da die Wärme die Körper ausdehnt, so folgt allerdings, daß die Feuertheilchen darinn sich Raum machen, und zwar gerade so viel als die Erweiterung des ganzen Körpers austrägt. Es scheint daher, daß diese Erweiterung des Raumes eigentlich derjenige Raum sey, welcher zum Maasse von der Menge der Feuertheilchen dienen könne. Also z. E., wenn 30 Cubiczoll Weingeist durch die Wärme sich bis auf 31 Cubiczoll ausdehnen, so haben die hinzugekommenen Feuertheilchen sich Raum gemacht, und zwar 1 Cubiczoll. Man kann also gewissermaassen sagen, es sey ein Cubiczoll Feuertheilchen hineingekommen. Und wenn eben diese Erwärmung, die ungefähr, die vom Winter zum Sommer ist, bey 30 Cubicfuß Weingeistes statt findet, so wird man in eben dem Verstande sagen können, daß die darein gekommene Feuertheilchen einen Cubicfuß betragen.

§. 525.

Wenn nun aber eben diese Feuertheilchen in Quecksilber kommen, so fällt die Rechnung ganz anders aus. Ihre Kraft wird um die Hälfte verstärkt. (§. 308.) Sollen sie demnach nicht mehr Wärme verursachen als im Weingeiste, so müssen, statt der 30 Zoll, 45 genommen werden. Und dann werden diese 45 Cubiczoll nur bis auf etwa $45\frac{2}{5}$ ausgedehnt. (§. 201.) Der Cubiczoll Feuertheilchen im Weingeiste, wird daher im Quecksilber auf $\frac{2}{5}$ Cubiczoll enger zusammengedrückt. Und wenn das Leinöhl, so wie das Baumöhl, in Ansehung der Kraft der Feuertheilchen mit dem Quecksilber übereinstimmen sollte, (§. 308.) so werden ebenfalls 45 Cubiczolle nöthig seyn, damit darinn die Feuertheilchen, die in 30 Zollen Weingeistes 1 Zoll betragen, eben die Erwärmung hervorbringen. Es folgt aber aus (§. 105. 114.), daß dieser Cubiczoll im Leinöhl sich um etwas erweitern und etwa $1\frac{1}{10}$ Cubiczoll betragen wird. In andern Körpern kommen andere Veränderungen zum Vorschein. Der eigentliche Grund davon ist, daß, da die Feuertheilchen elastisch sind, der Raum, den sie einnehmen, an sich unbestimmt ist, und sich daher nach den Cohäsionskräften und Zwischenräumchen der Körper ändert. Man sieht aus diesen Beyspielen, welche Reductionen nöthig sind, wenn man nach dieser Vorstellungsart die Menge der Feuertheilchen nach Cubiczollen angeben will. Die Materien selbst und die Cubiczolle ihrer Massen kommen nothwendig mit in Betrachtung. Es kommen aber noch zween Umstände hinzu, die man nicht so schlechtthin aus der Acht lassen kann.

§. 526.

Der erste ist, daß bey einigen Körpern, wie z. E. bey eingeschlossenem Wasser, Weingeist u. die Ausdehnung den Graden der Wärme nicht durchaus proportional bleibt. Und dann ist noch der andere Umstand, daß wenn die Wärme größer wird, die Feuertheilchen in den Zwischenräumchen dichter seyn können. Wenn demnach eine Materie sich durch die Wärme um 1 Cubiczoll, und dann

durch Vermehrung der Wärme noch um 1 Cubiczoll ausdehnt, so können gar wohl in diesen zween Cubiczollen über doppelt mehr Feuertheilchen seyn, als in dem ersten Cubiczoll waren. Indessen ist der Unterschied mehrentheils geringe, und kömmt nur dann in Betrachtung, wo man alles aufs genaueste nehmen, oder, wie *de Lvc* es hat thun wollen (S. 295.) aus der Wärme gemischten Wassers, Grade der Wärme von gleich großen Unterschieden bestimmen will.

S. 527.

Die absolute Menge der Wärme oder der Feuertheilchen in den Körpern, kömmt eben so, wie die absoluten Grade und Kräfte der Wärme, sehr selten in Erwägung. Es sind auch im vorhergehenden nur zween Fälle vorgekommen, wo darauf Rücksicht genommen werden mußte. Der erste war bey'm Luftthermometer, weil die ganze Kraft der Wärme immer mit der ganzen Schnellkraft der Luft im Gleichgewichte ist, und letztere durch die zum Zusammendrücken der Luft erforderliche Kraft immer ganz bestimmt wird. (S. 47. u. f.) Wenn bey festen Körpern das absolute Maas ihrer Cohäsionskräfte durch Versuche oder auch nach allgemeinen Gesetzen bestimmt werden könnte, so würde sich auch die absolute Kraft der Wärme daraus erweisen lassen, so wie ich oben (S. 444. u. f.) die letzten Unterschiede dieser Kräfte miteinander verglichen habe.

S. 528.

Der andere Fall kam da vor, wo sich bey Mischungen verschiedener Materien von gleicher Wärme, die Cohäsionskräfte, nebst der Dichtigkeit, und damit auch die Wärme ändert. Dieses geht die ganze Summe der Feuertheilchen an, die zugleich mit den Materien zusammengegossen werden. Wird die Mischung kälter, so ist diese Summe zu geringe. Hingegen ist sie zu groß, wenn die Mischung wärmer wird, und dann geht alles, was zu viel ist, aus der Mischung weg, so wie im erstern Fall Feuertheilchen von außen hinzukommen, bis die Wärme der Mischung der äußern Wärme gleich wird. Die Art, die Berechnung anzustellen, habe ich im vorhergehenden durch das Beyspiel der Mischung von Wasser und Weingeist erläutert. (S. 486. 487.)

Zweytes Hauptstück.

Anwendung auf einige Fälle.

§. 529.

Außer der Menge der eigentlich wirksamen Wärme, die nemlich in den Körpern sowohl den Cohäsionskräften als der äußern Wärme das Gleichgewicht hält, liegt in den brennbaren Körpern, z. E. in Holz, Schwefel, Weingeist ic. noch ein Schatz oder Vorrath von Wärme, der erst durch das wirkliche Anzünden muß rege gemacht werden. Die dazu nöthige äußere Luft trägt dann allerdings das ihrige mit bey. §. 513.) Indessen scheinen doch immer dieser Körper den Grundstoff dazu herzugeben.

§. 530.

Wenn nun das Holz nicht Anfangs schon, ehe man es anzündet, fast bis zum Anbrennen, oder wenigstens bis zum Braunwerden, erhitzt worden ist, wie es zuweilen nöthig ist, (§. 510) so geht es mit dem Entzünden Anfangs langsam zu, weil das Holz erst erhitzt werden muß und die anfängliche Flamme theils geringe ist. Bey feuchtem Holze muß ebenfalls erst die Feuchtigkeit weg dampfen. Nach und nach aber greift die Flamme mehr um sich, und das Feuer kömmt in den Zustand, da man sagt, daß es nun am besten brennt. Dieser Zustand als das Maximum der Hitze dauert eine Weile, ohne merkliche Aenderung. Nachgehends aber fängt man an zu merken, daß die öhligte Theile, die die vornehmste Nahrung der Flamme waren, anfangen, seltener zu werden. Die Flamme vermindert sich, das Holz, das schon ganz zu Kohlen, und theils auch schon zu Asche verbrannt ist, bricht in Stücke, die man näher zusammenrücken muß, um vollends alles zu verbrennen, dafern man nicht die Absicht hat, durch Anlegung von frischem Holze ein länger dauerndes Feuer zu unterhalten.

§. 531.

Das brennende Holz kann besonders zur Zeit, da es am besten brennt, oder das Maximum der Hitze erreicht hat, als ein Körper angesehen werden, dessen Hitze etwa dem 4000ten Grad des Luftthermometers gleich ist. Dieser Körper würde nun, nach Maaße seiner eigenen Erklärungs-Subtangente erkälten, wenn nicht der Abgang durch die noch vorrätthige brennliche Materie ersetzt würde. Ist nun, wie zu Winterszeit die Kälte der äußern Luft beyim Frierpunct oder 1000ten Grad des Luftthermometers, so ist $4000 - 1000 = 3000$ der Ueberschuß der Hitze. Und nach diesem richtet sich die Erkältung. Man setze z. E., die Erklärungs-Subtangente sey von einer Stunde, so würde, wenn das Maximum der Hitze eine Stunde lang dauerte, in dieser Stunde so viel Hitze weg fließen als das Feuer wirklich hat.

§. 532.

Um dieses deutlicher einzusehen, stelle man sich vor, daß zur Zeit, wo das Feuer das Maximum seiner Hitze erreicht hat, der innere Zufluß aufhöre, so wird unter eben den Voraussetzungen das Feuer seine Hitze nach den Ordinaten einer logarithmischen Linie verlieren, deren anfängliche Ordinate = 3000, die Subtangente = 1 St. = 3600'' Zeit ist. In dem ersten Zeittheilchen $d\tau$ ist also der Abgang der Wärme

$$= \frac{3000 \cdot d\tau}{3600} = \frac{5 \cdot d\tau}{6} \text{ Gr.}$$

Da nun so lange der Abgang durch den innern Zufluß wieder ersetzt wird, auch die 3000 Grade Ueberschusses von Wärme bleiben, so werden in jedem folgenden gleich großen Zeittheilchen $d\tau$ ebenfalls wieder

$$\frac{5 \cdot d\tau}{6} \text{ Gr.}$$

Wärme abgehen und wieder ersetzt werden. Sollte demnach das Maximum der Hitze eine Stunde lang fort dauern, so wird, da eine Stunde $\frac{3600}{d\tau}$ solcher Zeittheilchen enthält, die Summe aller abgehenden Wärme

$$= \frac{5}{6} d\tau \cdot \frac{3600}{d\tau} = 3000 \text{ Gr.}$$

seyn, demnach gerade so viel betragen, als ich vorhin sagte.

§. 533.

Man begreift nun ferner, daß, wenn das Maximum nur einen $\frac{1}{2}$ Theil einer Stunde dauert, die während dieser Zeit abgehende Wärme auch nur $\frac{1}{2}$ Theil der 3000 Graden betragen werde. Und hinwiederum, wenn die Erkältungs-Subtangente länger oder kürzer als eine Stunde ist, von ihrer wahren Dauer das gilt, was ich hier von einer Stunde gesagt habe.

§. 534.

Wenn nun aber das Feuer anfängt abzunehmen, daß es nicht mehr so ganz mit vollen Flammen brennt, so bleibt zwar der Ueberschuß von 3000 Graden noch eine Weile der Stärke nach, aber nicht mehr nach der Menge. Das Holz wird beim Verbrennen lockerer und fällt zusammen. Die Masse und der Raum, den es einnimmt, wird kleiner, und damit wird auch die Erkältungs-Subtangente geringer. Dieses beschleuniget das Erkälten, daß es damit bald zu Ende geht.

§. 535.

Es läßt sich nun auch leicht gedenken, daß, so lange das Feuer das Maximum seiner Hitze noch nicht erreicht hat, die wirklich brennende Theil zwar

ebenfalls 3000 Grade Ueberschuß von Hitze, aber nur der Stärke, nicht der Menge nach, haben. Die Menge nimmt noch zu, weil der Zufluß noch immer stärker als der Abgang ist, und eben daher das Feuer noch größer wird, bis es sein Maximum erreicht, und dann wieder anfängt, abzunehmen.

§. 536.

29. Figur.

Wenn man sich nun von dem ganzen Vorrathe von Hitze, welcher in einem Haufen aufgebogenen Holzes ist, und beim Verbrennen desselben wirksam wird, überhaupt einen Begriff machen will, so wird derselbe am süglichsten durch den Flächenraum einer krummen Linie $A b c d E$ vorgestellt. Der Anfangspunct A ist die Zeit, da das Holz angezündet wird. Eine jede Abscisse $A P = \tau$ stellt die Zeit vor, während welcher das Feuer schon gebrennt hat. Setzt man das nächstfolgende Zeittheilchen $d \tau = P p$, so ist das Räumchen $P M m p$ das Maasß der Menge der Wärme, welche während diesem Zeittheilchen abgeht. Der Raum $A b c d E A$ stellt demnach die ganze Menge des Feuers vor, welche in dem Holze gewesen war und rege gemacht worden ist, sofern sie die vorerwähnte 3000 Grade Ueberschuß über die Wärme der äußern Luft hat. Denn mehr kann nicht abgehen, als was dieser Ueberschuß austrägt.

§. 537.

Es würde sehr unnöthig seyn über die Natur der Linie $A b c d E$ andere als ganz allgemeine Betrachtungen anzustellen. Man muß das Feuer öfters nachschüren, um es besser zusammenzurücken, wenn das Holz anfängt in Stücke zu verfallen. Dadurch aber wird die Continuität der Linie oft sehr stark unterbrochen. Man kann sich aber ohne Mühe vorstellen, daß die Ordinaten Anfangs langsam und dann schneller, endlich beim Wendungspunct b am schnellsten zunehmen. Von da an nehmen sie immer langsamer zu, bis sie in c ihr Maximum erreichen; wo sie dann anfangen immer mehr, und im zweyten Wendungspunct d am schnellsten, nachgehends aber immer langsamer abzunehmen, bis das Feuer in E ganz ausgegangen oder endlich selbst auch die Asche erkaltet ist.

§. 538.

Wenn man von dieser Menge der Wärme in Absicht auf den Erfolg nur beyläufig eine Berechnung vorzunehmen hat, so kann man sich, statt des Flächenraumes $A b c d E A$ ein Rectangel von gleicher Größe gedenken, welches die Höhe $C c$ habe. Dieses ist eben so viel, als wenn man setzt, das Maximum der Wärme habe gleich Anfangs statt gefunden, und eine um so viel kürzere Zeit gedauert. Der Erfolg, im Ganzen betrachtet, wird wenig von dem wahren verschieden seyn. Und das ist zu einem beyläufigen Ueberschlage schon genug. Wer hingegen genauer sehen will, wie die Größe des Feuers von einem wohlgebeugten Haufen Holze zu und abnimmt, der kann einen solchen mitten auf dem Feuerbeerde, an einem Tage, da bey windstillem Wetter die Wärme der Luft sich wenig ändert, an

zünden und abbrennen lassen, und in gehörigen Entfernungen Thermometer stellen, deren Kugeln der Hitze frey ausgesetzt seyn müssen, und diese von Minute zu Minute beobachten. Dann wird sich, mittelst der Erkältungs-Subtangente der Thermometer bestimmen lassen, wie groß der Zufluß der Wärme des Feuers auf die Thermometerkugel zu jeder Zeit war. Diesem Zuflusse werden die Ordinaten der Linie A b c d E proportional gemacht, und so wird die Natur der Linie a posteriori bestimmt, und die Linie selbst construirt werden können. Man hat hiebey die Formel (§. 270.)

$$d y = n d \tau - \frac{y d \tau}{7}$$

welche

$$n = \frac{7 d y + y d \tau}{d \tau} = \frac{7 d y}{d \tau} + y$$

gibt. Hier ist y , der jedesmal beobachtete Grad des Thermometers über der Luftwärme, 7 dessen Erkältungs-Subtangente, und $d y$ das Steigen des Thermometers in dem Zeittheilchen $d \tau$. Und n stellt jede Ordinate P M vor, die des Zeit A P = τ entspricht. (§. 536.)

§. 539.

Um nun von vorerwähnter belästigten Berechnung ein Beyspiel zu geben, wollen wir sehen, daß des Winters in einen Stubenofen zween Cubicfuß Feuer sey, und daß der innere Raum des Ofens 8 Cubicfuß betrage. Ungeachtet nun, damit das Feuer brenne, der Zufluß der Luft und Abfluß des Rauches frey sey, und demnach der Ofen nicht ganz geschlossen werden muß, so macht doch die immer neue Erzeugung von Hitze, daß der durch solche Oeffnung verursachte Abgang reichlich wieder ersetzt wird. Der Ueberschuß der Hitze des Feuers über der Kälte der äußern Luft mag 3000 Grade des Luftthermometers betragen. Da aber der Raum des Ofens viermal größer als der vom Feuer ist, so wird dieser Ueberschuß auf seinen vierten Theil vermindert, und beträgt demnach nur 750 Grad, welche demnach den mittlern Ueberschuß der innern Wärme des Ofens über der Kälte der äußern Luft angeben. Ist diese beyhm Frierpunct oder beyhm 1000ten Grade, so wird $1000 + 750 = 1750$ das Mittel von der innern Wärme des Ofens vorstellen. Diese Hitze ist also so groß, daß gemeines Zinn dabey schmelzen kann. (§. 475.) Es erhält nun aber der Ofen diese Hitze nicht mit einemmale, sondern nur nach und nach. Und da das Feuer nicht so lange unterhalten wird, so wird der Ofen auch ungleich weniger erwärmt. Die Erkältungs-Subtangente des Ofens mag 3. E. 4 Stunden betragen. Das Feuer brennt selten eine Stunde. Also ist A P = $\frac{1}{4}$ A T, und (§. 271.)

6. Figur.

$$\begin{aligned} \log. 750 &= 2,8750613 = \log. A D \\ \frac{1}{4}. 0,4342945 &= \frac{0,1242874}{4} = \frac{1}{4} \log. A D: T Q \\ &0,7507739 = \log. P M \\ P M &= 563 \\ A D &= 750 \\ A D - P M &= 187 \end{aligned}$$

Der mittlere Ueberschuß der Wärme des Ofens; folglich die Wärme selbst = 1000 + 187 = 1187 Grade des Luftthermometers. Der Ofen mag wohl an einigen Orten wärmer seyn. An andern Orten aber hat er dagegen auch weniger Wärme. Ist seine Erkältungs: Subtangente nur von 3 Stunden, wie, wenn z. E. der Ofen mehr Oberfläche hat, so wird seine mittlere Wärme 1211 Grade des Luftthermometers betragen. Man wird die Hand nicht lange am Ofen halten können. Nun theilt der Ofen diese Wärme ebenfalls nicht ganz dem Zimmer mit, weil er früher wieder erkaltet, und weil nicht nur die Luft, sondern auch wenigstens die Oberfläche der Wände des Zimmers erwärmt werden müssen. Und so geht die mittlere Wärme des Zimmers, auch wenn sie ihr Maximum erreicht hat, selten über den 1060sten Grad. Das Zimmer hat in Ansehung seiner Wände, Fenster und Thüren seine eigene Erkältungs: Subtangente, die einem oder mehrere Tage beträgt, nachdem das Zimmer groß oder klein, getäfelt, tapezirt, oder von bloßen Mauern, gut oder schlecht geschlossen, der äußern kalten Luft mehr oder weniger ausgesetzt ist. Bey gleich starkem Einfeuern wird ein Zimmer gewöhnlich nur 40, 50, 60 Grade des Luftthermometers mehr Wärme haben als die äußere Luft. Es muß daher, wenn es außen sehr kalt ist, mehr und öfters eingefeuert werden. Andere hieher gehörende Betrachtungen sind bereits im vorhergehenden gelegentlich angeführt worden. (S. 285. 355.)

§. 540.

Liebnecht hat im Jahr 1714. unter seinem Vorfize eine Dissertation vertheidigen lassen, welche den Titel führt: Pyrometriae seu ignis mensurandi et intendendi novum ac generale Specimen. In derselben führt er einige Versuche an, woraus sich die Güte verschiedener Holzarten beim Brennen sollte beurtheilen lassen. Er schnitt aus denselben Bretterchen von gleicher Größe etwa 4 Linien dick. Das Holz war ganz neu gehauen und hatte demnach noch viele Feuchtigkeit. Diese Bretterchen legte er in Brennpunct eines Brennsiegels, und beobachtete die Zeit, binnen welcher sie verbrennt wurden. Diese Zeit war für das Stückchen von

Eichenholz	: : : : : : :	5'. 30"
Maßholder	: : : : : : :	5. 0
Hafelstrauch	: : : : : : *	2. 35

Wach:

Wachholder	: : : : : : : :	3. 30
Büchen	: : : : : : : :	4. 0
Kirschbaum	: , : : : : : :	2. 35
Nespen	: : : : : : : :	2. 30
Ellern	: : : : : : : :	2. 0
Weiden	: : : : : : : :	1. 30
Linden	: : : : : : : :	1. 0

Da die Brennspiegelhitze hier mit half, so gieng es in Ansehung des Verbrennens allerdings hurtiger zu. Da aber weder die Größe des Sonnenbildes, noch die von den Stückchen Holz angegeben sind, so lassen sich hierüber keine fernere Betrachtungen anstellen. Man sieht auch nicht wohl ab, warum gerade nur diese Holzarten gewählt worden sind.

S. 541.

Als ich mir die in den Mem. de l'Acad. R. de Berlin 1770. beschriebene Lampe mit zwei Flammen hatte machen lassen, beobachtete ich die Zeit, in welcher 2 Pfund Baumöl aufbrennen, und fand, daß 77 Stunden dazu erfordert wurden. Jede Flamme hatte etwa $\frac{1}{10}$ Cubic Zoll Raum. Daraus folgt, daß jede Flamme in Zeit von einer Stunde $\frac{2}{10}$ Cubic Zoll Oehl verbrennt, und demnach viermal so viel als sie groß ist. Dieses giebt in jeder Minute bennah 2 Gran Oehl, welche theils als Flamme, theils als ein die Flamme umgebender Dampf, dessen Schatten man an der Sonne gar wohl sehen kann, in die Höhe steigen. Die Hitze, die theils damit in die Höhe geht, theils seitwärts ausfährt, ist sehr beträchtlich. Ich hielt eine blecherne Röhre A B D von 139 Linien Länge und 6 Linien Diameter an einem Drate über der Flamme F, so, daß dieselbe, nebst dem sie umgebenden Dampfe ganz durchziehen konnte. Die Röhre war oben auf die Länge von etwa 2 Zollen aus anderweitigen Gründen umgebogen. Nach Verlauf von 45 Secunden Zeit fieng ein oben in B aufgedrucktes Körnchen Wachs an zu schmelzen, und unten bey der Flamme in A schmolz die Lötung. Dieses machte, daß ich die Röhre wieder wegnahm. Die Erhitzung würde sonst noch größer geworden seyn.

S. 542.

Die Hitze ganz unten an der Röhre in A war also ungefähr die von schmelzendem Zinn, oben in der Entfernung von 125 Linien, bey B war die von schmelzendem Wachs. Folglich in Graden des Luftthermometers 1800, und 1326. Die Wärme der Luft im Zimmer betrug 1060 Grad. Demnach der Ueberschuß der Hitze

in A unten an der Röhre = 1800 -- 1060 = 740 Grad.

in B 125 Linien weit davon = 1326 -- 1060 = 266 Grad.

Dieses sind Ordinaten einer logarithmischen Linie, zwischen welchen eine Abscisse von 125 Rheint. Linien liegt, (§. 327.) daraus ergiebt sich deren Subtangente = 122 Linien, und die mittlere Wärme der Röhre = $(740 - 266) \frac{1}{1\frac{2}{3}} = 462$ Grad. Also würde $1060 + 462 = 1522$ der Grad der Wärme der ganzen Röhre gewesen seyn, wenn sie gleichförmig durch dieselbe vertheilt gewesen wäre. Diese Wärme war nun noch nicht alle, so die Flamme der Röhre in Zeit von 45" hätte mittheilen können. Denn noch ein guter Theil zog sich zum andern Ende der Röhre hinaus. Die ganze Wärme findet sich aber nach der Analogie

$$(740 - 266) : 740 = 462 : 721.$$

Also hätte die ganze Hitze $1060 + 721 = 1781$ Grade betragen können. Und da ist noch nicht mitgerechnet, was von der Flamme seitwärts und theils unterwärts wegfuhr, ohne in die Röhre einzudringen. Diese 721 Grad Hitze kamen nun von $1\frac{1}{2}$ Gran Oehl, welche in den 45" Zeit verbrannten. Die Röhre wog genau 3 Loth oder 720 Gran. Also hätten $1\frac{1}{2}$ Gran Del 720 Granen Eisenblech in Zeit von 45" eine Hitze von wenigsten 721 Graden des Luftthermometers mittheilen können, wenn noch alle Feuertheilchen, die zum obern Ende der Röhre herausfuhren, in das Blech hineingedrungen wären. So kurz nun aber die Zeit von 45" war, war sie noch immer lange genug, daß von der Hitze, so sie erlangte, inzwischen wiederum ein Theil weggieng. Wenn wir aber auch bey den 721 Graden bleiben, so wird immer folgen, daß, wenn sie in etwa 180 Gran Eisenblech concentrirt gewesen wären, sie viermal würde verstärkt worden seyn, und demnach $4 \cdot 721 = 2884$ Grad Ueberschuß über 1060 Grade betragen haben. Diese 180 Gran Eisenblech hätten demnach eine Hitze von $2884 + 1060 = 3944$ Gr. des Luftthermometers gehabt. Das will also sagen, sie würden, wo nicht geschmolzen, doch wenigstens weißglühend geworden seyn. Das will nun ferner sagen, die in einem Gran Baumöl liegenden Feuertheilchen sind zureichend 120 Gran Eisenblech zum Schmelzen heiß zu machen. Dieses klärt den §. 529. auf, und gibt so ziemlich zu erkennen, wie viele ungenützte Hitze durch die Schorsteine herauffährt, und wieviel Abbruch der Nützung des Feuers der Umstand thut, daß man dem Feuer einen freyen Zug von Luft lassen muß. Es trägt aber freyhlich hinwiederum die Luft mit zur Vermehrung der Hitze bey.

§. 543.

Ich habe in der vorhergehenden Rechnung die zwo Analogien gebraucht.

$$125 : 122 = (740 - 266) : 462.$$

$$(740 - 266) : 740 = 462 : 721.$$

welche sich ohne Mühe in folgende

$$125 : 122 = 740 : 721$$

oder genauer

$$125: 122 = 740: 722$$

zusammenziehen lassen. Und dieses will nun sagen, daß, wenn die 722 Gr. Wärme, so in 125 Linien langer Röhre sind, in eine Röhre von 122 Linien concentrirt werden, sie 740 Gr. betragen. Und dieses will dann ferner sagen, daß, wenn die Röhre unendlich lang wäre, alle Wärme, so sie in 45" Zeit erhält, in eine der Subtangente gleich lange Röhre concentrirt, derselben durchaus eben den Grad der Wärme geben würde, den das untere Ende der Röhre erhalten hat. Man sieht ohne Mühe, daß dieser Satz die Rechnung sehr abkürzt, weil es dabei nur nöthig ist, die Länge der Subtangente und die Hitze an dem der Flamme unmittelbar ausgefetzten Ende zu wissen. Uebrigens muß man, um die Subtangente bestimmen zu können, allerdings noch die Wärme in irgend einem andern Punct der Röhre durch Versuche ausfindig machen.

Der
Pyrometrie
 oder
 vom Maasse des Feuers und der Wärme
 Siebenter Theil.
 Von der Empfindung der Wärme.

Erstes Hauptstück.

Wärme menschlicher und thierischer Körper.

S. 544.

Die Verwandlung der Nahrung in alle die Theile, woraus menschliche und thierische Körper bestehen, die in Ansehung der Dichtigkeit und der Cohäsionskräfte verschieden sind, leitet ganz ungezwungen auf den Gedanken, daß auch die in den Nahrungsmitteln liegenden Feuertheilchen, in Ansehung der Wärme ungleiche Wirkungen hervorbringen können. Die erste Veränderung geht bereits im Munde beim Käuen, fürnehmlich aber im Magen vor, und dann können auch in den Drüsen, wo der Nahrungsaft neue Verwandlungen leidet, neue Veränderungen der Wärme vorgehen. Endlich dient besonders die schnelle Bewegung des Blutes in den Pulsadern dazu, die Wärme selbst in die äußerste Theile des Leibes zu bringen. Die Bewegung des Leibes befördert immer auch die vom Geblüte, und überdies den Durchfluß der Säfte durch die Drüsen, Gefäße und selbst auch durch die festern Theile, und dadurch so, wie durch das Reiben kann so wohl neue Wärme erzeugt als die bereits erzeugte wirksamer gemacht und ausgebreitet werden. Das Anreiben der flüssigen Theile an die festern, dürfte wohl nicht viel Wärme erzeugen, und des Douglas Meinung, als könnten die Blutkügelchen dazu mehr beytragen, wird von ihm so vorgetragen, als wenn die Nahrung erst müßte in Blut verwandelt werden, ehe einige Wärme daraus erzeugt werden kann, und so müßte, wenn man sagt, daß die Speisen im Magen kochen, das Blut das Feuer dazu hergeben. Man kommt ungezwungener fort, wenn man

diese Vorstellungsart umkehrt. Die Wärme entsteht nicht aus nichts. Wenn nicht schon Feuertheilchen da sind, die durch das Reiben zusammengedrückt und wirksamer gemacht werden, (S. 514.) so wird das Reiben selbst wenig ausrichten. Aus Luft und Nahrung muß der Abgang der Wärme ersetzt werden, und dazu ist die Aenderung der Cohäsionskräfte schon hinreichend.

S. 545.

Der Erfolg oder die unmittelbare Erfahrung gibt nun überhaupt an, daß die Wärme des menschlichen Leibes, zumal in den innern Theilen von einem ziemlich bestimmten Grade ist. Dieser Grad ist ungefähr der 96. oder 98ste Fahrenheit'sche, und demnach immer größer als die Wärme der äußern Luft, weil selbst in den wärmsten Ländern die Luft selten diesen Grad der Wärme erreicht. Der Erfolg hievon ist nun nothwendig, daß der menschliche Leib beständig erkältet, und daher, wenn er erstbenannten Grad der Wärme behalten soll, eines beständigen Zuflusses von innerer Wärme bedarf, und diese muß also, mittelst der Luft und der Nahrung erzeugt werden.

S. 546.

Wenn man nun hiebei nur auf den Unterschied der Wärme des Leibes und der äußern Luft Rücksicht nimmt, so scheint es, daß der Leib des Winters mehr Wärme verlieren, und demnach mehr neue Wärme erzeugt werden müsse, als im Sommer. Dieser Schluß ist auch einigermaßen, jedoch mit gehöriger Einschränkung, richtig. Im Sommer muß man überhaupt mehr trinken, da man hingegen im Winter mehr isst. Es sind nun aber auch im Sommer alle Gänge, und besonders die Schweißlöcher, mehr offen, die Feuchtigkeiten gehen häufiger durch, die Ausdünstung derselben geht oft bis zum förmlichen Schwitzen, und damit geht zugleich auch sehr viele Wärme weg. Das oben (S. 281.) angeführte Beispiel des beim Auströcknen kälter werdenden Thermometers, findet hier seine Anwendung, weil das Auströcknen, mittelst des Ausdunstens, erfolgte.

S. 547.

Hierüber hat D. John Linings, ein Arzt zu Charlestown, in Südcarolina, sehr umständliche Versuche angestellt. Er wog Jahr und Tage Speise und Trank, nebst dem wieder abgehenden sorgfältig ab, und beobachtete zugleich auch die Wärme der äußern Luft nach dem Fahrenheit'schen Thermometer. Aus den beobachteten nahm er für jeden Monat das wahre Mittel, indem er die Summe durch die Anzahl der Beobachtungen theilte, und alles auf Stunden reducirte. Den Erfolg stellt folgende Tafel vor:

Monat.	Unzen stündlicher Ausdünstung.		Unzen stündlichen Urines.		Fahrenheit'sches Thermometer.		Unzen des Genossenen stündlich!
	Nachts.	Tages.	Tage.	Nachts.	Nachm.	Abends.	
März.	1, 85	1, 71	3, 16	2, 61	63	54	4, 89
April.	2, 45	1, 72	2, 96	2, 06	74	65	4, 56
May.	2, 75	1, 77	2, 22	2, 58	78	70	4, 91
Jun.	3, 42	2, 05*	2, 00	2, 55	83	74	5, 23
Jul.	4, 42	2, 08	1, 57	2, 37	86	76	5, 78
August.	3, 68*	1, 66	2, 05	3, 87	81	74	5, 43
Septemb.	3, 63	1, 77	1, 69	2, 13	78	72	4, 93
October.	1, 74	1, 68	1, 71	2, 35	63	56	4, 04
Novemb.	1, 78	1, 57	2, 79	2, 32	56	50	4, 57
December.	1, 98	1, 42	3, 18	2, 43	48	41	4, 90
Januar.	1, 88	1, 37	3, 64	1, 71*	50	43	4, 91
Februar.	1, 74	1, 36	3, 89	2, 22	52	46	4, 94
Mittel.	2, 61	1, 68	2, 55	2, 35	68	60	4, 91

Die mit * bezeichneten drey Zahlen, die etwas zweifelhaft angezeigt waren, habe ich aus der Summe und unten an den Columnen angegebenen Mittel berechnet, und so auch die letzte Columnne auf Stunden reducirt, damit sie mit der 2 : : : : 5ten leichter verglichen werden könne.

S. 548.

Die äußere Theile des Leibes sind der Abwechslung der Wärme mehr ausgesetzt, und würden es ungleich mehr seyn, wenn nicht das Bette und die Kleidung zur Erhaltung der Wärme sehr viel beytrügen. Im Winter hilft das Einfeuern, daß wir nur, wenn wir uns in der Kälte aufhalten müssen, deren Wirkung stärker empfinden, und die Gewohnheit warme Speisen zu essen, auch warme und starke Getränke zu trinken, trägt ebenfalls mit bey, die Wärme des Leibes mehr zu unterhalten und theils auch zu vermehren. Der Erfolg zeigt auch, daß man sowohl des Morgens nach dem Aufstehen, als auch nach dem Essen die Kälte der äußern Luft weniger empfindet. Endlich ist es bekannt, daß man sich nach und nach zu sehr verschiedenen Graden der äußern Wärme und Kälte gewöhnt.

S. 549.

Die umständlichsten Versuche und Beobachtungen über die Wärme des Leibes in verschiedenen Jahreszeiten, hat Rolandson Martin in den schwedischen Abhandlungen bekannt gemacht. Er gebrauchte dabey das schwedische Quecksilberthermometer, (S. 115.) und fand nach demselben vom 22sten May 1763 bis zum 18ten April 1764.

Die Wärme des Unterleibes zwischen	35	:	:	37	Gr.
der Brust	:	:	31	:	36 —
der Hände	:	:	16	:	37 —
der Füße	:	:	20	:	34 —
der Luft	:	:	—36	:	+ 23 —

Die Beobachtungen wurden von 9 bis 10 Uhr Vormittags, bey nüchternem Magen und einem verschlossenen Zimmer gemacht, und sehr oft angestellt. Martin gibt sie umständlich an, sagt aber auch, daß man daraus kaum etwas mehr schließen könne, als aus den hier angeführten äußersten Graden. Er fand z. E. die geringste Wärme der Hand 16 Grade. Dieses traf einmal mit der größten Kälte der Luft 36 Gr. unter dem Frierpunct zu, ein andermal bey 17ten, und ein drittesmal bey 5ten Grade unter dem Frierpunct. Es ist offenbar, daß Martin das erstemal die Hand einer so strengen Kälte nicht lange ausgefetzt halten konnte, und so läßt sich von der Kälte der Luft auf die Kälte der Hand nichts bestimmtes schließen.

§. 550.

Wichtiger würde es gewesen seyn, wenn Martin zugleich angemerkt hätte, was er jedesmal nach seiner Empfindung zu urtheilen, der Luft für einen Grad der Wärme oder Kälte zuignete, ob sie ihm schwül, heiß, warm, lau, gemäßiget, frisch, frostig, kalt, sehr kalt zc. vorgekommen. Daraus hätten sich sodann, mittelst der beobachteten Grade des Thermometers mehrere brauchbare Folgen herleiten lassen. Vorzüglich aber hätte beobachtet werden müssen, bey welchen Graden des Thermometers die Luft temperirt zu seyn scheint. Daß dieses nicht das ganze Jahr durch bey einerley Grade geschieht, das hat bereits im vorigen Jahrhunderte Mariotte durch die oben (§. 152 — 156) umständlich angeführten Beobachtungen erwiesen, wodurch er zugleich das vorhin allgemein herrschende Vorurtheil widerlegte, als wären die Keller im Winter warm und im Sommer kalt, weil sie uns nach unserer Empfindung so vorkommen. Er zeigte, mittelst des Thermometers, daß die tiefsten Keller ihre Wärme wenig oder gar nichts ändern, und daß, wenn sie nicht ganz unverändert einerley Grad behalten, sie im Winter kälter als im Sommer sind. Daß es so seyn müsse, läßt sich aus andern Betrachtungen herleiten. Es war aber in allwegen gut, daß es mittelst der Thermometer genau bestimmt wurde.

§. 551.

Das von Mariotte widerlegte Vorurtheil kann nun aber gebrauch werden, wenn wir schließen, daß die Luft, die wir gemäßiget, das will sagen, weder kalt noch warm nennen, im Sommer wirklich wärmer als im Winter seyn müsse. Denn kommt uns ein beständig gleich warmer Keller im Sommer kalt vor, so muß die Luft, die uns temperirt vorkommt, wärmer seyn. Und wenn eben der Keller

uns im Winter warm zu seyn scheint, so muß die Luft, die wir alsdann temperirt nennen, kälter seyn. Man begreift daraus, daß es im Frühling und im Herbst Tage geben muß, wo der Keller uns weder kalt noch warm vorkommt, und wo demnach der Grad des Thermometers im Keller den Grad, der uns alsdann temperirt scheinenden Luft angibt. Dieser Grad ist nun in Europa, und besonders disseits der Alpen und der Ostsee ungefähr der 10te Reaumurische über dem Frierpunct oder der 54ste Fahrenheitische. Zwischen dem Wendekreise ist er nie so tief, weil dort eine beständige Sommerhitze ist.

§. 552.

Ungeachtet nun der uns temperirt scheinende Grad der Wärme veränderlich ist, so ist doch die ganze Veränderung in ziemlich engen Schranken enthalten, zumal bey solchen Personen, deren Lebensart nicht fordert, daß sie im Winter den ganzen Tag über in der Kälte seyn müssen, und die sich demnach die meiste Zeit in gewärmten Zimmern aufhalten. Diesen wird im Winter eine Stube, die nur bis zum 12ten oder 13ten Reaumurischen oder 58 — 60sten Fahrenheitischen Grad erwärmt ist, zumal bey einer sitzenden Lebensart, wehrentheils nur als temperirt vorkommen. Andere, die nicht ein temperirtes, sondern ein eigentlich warmes Zimmer haben wollen, lassen es um einige Reaumurische Grade mehr, und folglich bis zum 15ten oder 16ten Grade wärmen, und hüllen sich wohl auch noch im Pelze ein. Wer hingegen in der strengsten Winterkälte auf Reisen ist, dem wird ein wenig oder gar nicht gewärmtes Zimmer, das kaum 6 oder 8 Gr. Wärme hat, schon ganz willkommen seyn, obgleich, wenn er mehrere Stunden darinn bleiben sollte, sein Urtheil sich nach und nach ändern würde.

§. 553.

Man sieht aus der im §. 508. gegebenen Tafel, daß das Blut bey dem 156sten Fahrenheitischen Grade gerinnet, und bey dem 25sten frieret. Dieses sind also die äußersten Grenzen für das Blut, und zwischen denselben muß auch die natürliche Wärme aller Thiere, die Blut haben, enthalten seyn. Eben diese Tafel gibt auch die Wärme des Blutes einiger Thiere an. Sie ist überhaupt bey den Vögeln größer als bey vierfüßigen Thieren. Hingegen bey den im Wasser lebenden Thieren findet man sie wehrentheils geringe, und selten um einige Grade größer als das Wasser selbst ist. Kraft fand, daß in Wasser, welches 49 Fahrenheitische Grade von Wärme hatte, ein Hecht nur 50 $\frac{1}{2}$ Gr. warm war. Für den 60sten Grad Wärme des Wassers, fand Martine, die Wärme eines Froches und einer Schildkröte von 65 Gr., einer Forelle aber von 61. Dieser geringe Unterschied rührt fürnehmlich daher, daß die Erkältungs-Subtangente im Wasser 8 bis 10mal kürzer sind als in der Luft, folglich im Wasser 8 bis 10mal mehr Wärme abgeht als in der Luft abgehen würde. Und da die Erkältungs-Subtangente sich gerade, wie der körperliche Raum, und umgekehrt, wie die Ober-

Oberfläche verhält, demnach bey Kleinern Körpern kleiner ist, so folgt auch, daß die Insecten selbst in der Luft nicht viel mehr Wärme haben können als die Luft hat. Martine fand, daß in einer Luft von 60 Fahrenheit'schen Graden Wärme, eine Schlange nur 62 Gr. hatte.

§. 554.

Die ersibemeldte Aenderung der Erkältungs: Subtangente im Wasser, findet nun allerdings auch bey Menschen statt. Rolandson Martin, bestellte einige Handlanger zum Schwimmen. Ehe sie ins Wasser giengen, fand er nach dem schwedischen Thermometer die Wärme ihrer Hand 33, Brust 34, Füße 27 bis 30 Gr. Nach dem Schwimmen war die Wärme der Hand 23, der Brust 24, der Füße 17 bis 20 Gr. Es wird nicht gesagt, wie lange sie im Wasser gewesen. Das Wasser war 15 bis 16 Gr. und die Luft 21 Gr. warm. Nachdem sie sich wieder bekleidet hatten, wurden sie wärmer als sie vor dem Schwimmen waren. Freylich mußte durch das 8 bis 10mal schnellere Erkälten ein stärker Zufluß der innern Wärme gegen die Oberfläche entstehen.

Zweytes Hauptstück.

Schätzung der Wärme nach der Empfindung.

§. 555.

Wenn aus unserm Leibe, oder auch aus den äußern Gliedern mehr Wärme abgeht als von inne ersetzt wird, so empfinden wir den Abgang und sprechen von Kälte. Geht hingegen weniger Wärme weg, als von innen zufließt, so häuft sich Wärme auf, und wir sprechen von Wärme. Ist endlich der Abgang dem Zustusse gleich, so empfinden wir weder Wärme noch Kälte und sprechen vom temperirten. Wir empfinden also nicht, die Wärme und Kälte selbst, sondern nur das Zu- und Abnehmen derselben, das will sagen, ihre Veränderung. Und dieses ist so sehr wahr, daß man selbst bey dem stärksten Froste in Fiebern die Wärme des Leibes am Thermometer größer als bey gesunden Zustande findet. Martine fand nach Fahrenheit'schen Thermometer

die natürliche Wärme seines Leibes	: : 97 — 98 Gr.
in der Hitze eines Fiebers	: : : : 107 — 108 —
beym stärksten Fieberfroste	: : : : 99 — 101 —

Hier war also das Zu- und Abnehmen der Wärme, welches die Empfindung von Hitze und Frost verursachte.

§. 556.

Bei der Berechnung, der hiebei sich äußernden Veränderungen, können wir die oben (§. 270.) gegebene Formel

$$d y = n d \tau - \frac{y d \tau}{7}$$

gebrauchen, wenn wir unter n den Zufluß der innern Wärme in der Zeit $\tau = 1$, durch y den Ueberschuß der Wärme des Leibes, der Hand oder eines andern Gliedes über die Wärme der Luft, des Wassers oder anderer Körper, so wir berühren, und durch 7 dessen Erkältungs-Subtangente verstehen. Verwandeln wir diese Formel in

$$\frac{d y}{d \tau} = (n 7 - y) : 7$$

so drückt dieser Werth unser Urtheil von der Wärme und Kälte der Luft, des Wassers oder anderer Körper aus, die wir berühren. Kommen sie uns temperirt, das will sagen, weder warm noch kalt vor, so wird $d y = 0$, weil alsdann die Wärme weder vermehrt, noch vermindert wird. Finden wir sie aber warm, so ist $n > y$ und $d y$ bejaht. Also häuft sich die Wärme auf. Hingegen nimmt sie ab, wenn $n < y$, und folglich $d y$ verneint ist, und alsdann urtheilen wir, daß die Luft, das Wasser oder überhaupt der berührte Körper kalt sey.

§. 557.

Dieses Urtheil ist nun oft nur für den ersten Augenblick oder für eine sehr kurze Zeit gültig. Denn wenn die Körper, so wir berühren, klein sind, so nehmen sie bald die Wärme der Hand an, und so wird y in kurzem sehr klein oder auch vollends $= 0$. Ein Kleid, so wir im Winter, ohne es vorerst wärmen zu lassen, anziehen, ein nicht gewärmtes Bette, darein wir uns legen, kalte Instrumente, Werkzeuge, Geräthe ic. so wir in die Hand nehmen, geben hievon täglich Beispiele.

§. 558.

Wenn hingegen der Unterschied der Wärme des Leibes und der Luft oder des Wassers ic. sehr groß ist, so gebraucht es längere Zeit, und alsdann kann auch n oder der Zufluß der innern Wärme verändert werden. Und in der That ist er auch des Winters, wenn wir lange in der Kälte sind, merklich größer. Eben dieses fand sich auch in dem Martinschen Versuche (§. 554.) bei den Arbeitern, nach dem Schwimmen. Man kann also überhaupt den Zufluß n nur für eine kurze Zeit als beständig ansehen. Es ist dieses aber, da unser Urtheil über die Wärme ebenfalls nicht lange einerley bleibt, schon genug, weil wir dasselbe immer nur so zu nehmen haben, wie es wirklich ist.

S. 559.

Bei den hiebei vorkommenden Berechnungen wird nun füglich der Grad der Wärme zum Grunde gelegt, den die Luft jedesmal haben müßte, um temperirt zu scheinen. Wir wollen denselben = a setzen: Die wirkliche Wärme der Luft sey = b , und die Wärme des Leibes, der Hand zc. = y , die Erkältungs-Subtangente = γ , der innere Zufluß von Wärme, wie vorhin = n . Damit ist nun $y - b$ der Ueberschuß der Wärme, und die Formel verwandelt sich in

$$\frac{d y}{d \tau} = (n \gamma + b - y) : \gamma$$

S. 560.

Diese Formel gibt nun $d y = 0$, wenn $b = a$ ist. Folglich haben wir sodann

$$0 = \gamma n + a - y$$

$$n \gamma = y - a$$

Hiedurch wird demnach der Werth von n bestimmt, und die Formel wird schlecht hin nur

$$\frac{d y}{d \tau} = (b - a) : \gamma$$

Das will also sagen: Unser Urtheil von der Wärme der Luft richtet sich nach dem Unterschied der wirklichen Wärme derselben b , und der Wärme a , die sie haben müßte, um alsdann temperirt zu scheinen. Den Grad a achten wir als 0, und zählen von da an aufwärts die Grade der Wärme, unterwärts die Grade der Kälte. Wenn der Grad a nicht veränderlich wäre, so würde des *MICHELLE du CREST* Thermometerabtheilung (S. 125.) gerade die seyn, die mit der Sprache unserer Empfindung der Wärme übereinkömmt. Er setzte 0, da wo das Thermometer im Keller der Pariser Sternwarte fast unveränderlich ist, folglich bei dem Grade, den wir im Frühling und Herbst, das will sagen, in den zwei temperirten Jahreszeiten temperirt nennen. (S. 551.) Die *Drebbelschen* Thermometer wurden von Philosophen und Aerzten nach eben dem Grunde eingetheilt. (S. 26.) *DALENCE* gibt für die Florentinischen ebenfalls die temperirte Wärme für das 0 seiner Stufenleiter an, (S. 94.) und selbst *Newton* geht davon nur in sofern ab, daß, weil er den temperirten Grad zu unbestimmt achtete, er lieber den Frierpunct für den Anfang seiner Stufenleiter annimmt. (S. 105.) *Wolfs* Florentinisches Thermometer (S. 177. 178) zeigte 0 beim 11ten *Reaumurischen* Grad, und demnach so ziemlich bei temperirter Wärme. Auch *Fahrenheits* erste Abtheilung hatte 0 bei seinem nachmaligen 48sten Grade, (S. 112) den wir etwa im Winter als temperirt ansehen. Man hatte freylich damals in Ansehung der Wärme und Kälte keine andere Sprache als die von unserer Empfindung, und diese gebrauchen wir, wenn vom Wetter die Rede ist, noch dermalen.

§. 561.

Wenn wir Wasser oder andere Körper berühren, so wird die Subtangente γ mehrentheils kürzer, und zwar im Wasser 8 bis 10mal. Man setze sie überhaupt $= \theta$. Die Wärme des Leibes mag $= y$, die von temperirt scheinender Luft $= a$, und die von dem berührten Körper $= \beta$ seyn. Auch der Zufluß der Wärme n mag wenigstens Anfangs einenley Werth behalten. Damit erhalten wir den Ueberschuß der Wärme $y - \beta$, und die Formel ändert sich in folgende

$$\frac{d y}{d \tau} = (n \theta + \beta - y) : \theta$$

Man setze α sey die Wärme, so der Körper haben muß, damit er beynt Berühren weder kalt, noch warm, sondern temperirt zu seyn scheine, so wird, wenn man α statt β setzt, $d y = 0$, und dieses gibt

$$n \theta = y - \alpha.$$

§. 562.

Vorhin hatten wir für die Luft

$$n \gamma = y - a.$$

Wenn wir demnach für n , y in beyden Fällen einenley Werth behalten, so haben wir

$$n (\gamma - \theta) = \alpha - a,$$

woraus offenbar folgt, daß $\alpha > a$ seyn müsse, so oft $\gamma > \theta$ ist. Es folgt ferner die Analogie

$$(y - a) : (y - \alpha) = \gamma : \theta$$

und diese will sagen, die Wärme des temperirt scheinenden Körpers müsse von der Wärme des Leibes desto weniger verschieden seyn, je kürzer die Erkältungs-Subtangente ist.

§. 563.

Es sey z. E. nach dem Fahrenheit'schen Thermometer die Wärme der Hand im Sommer $= 96$ Gr. Die Wärme der alsdann temperirt scheinenden Luft $= 60$ Gr., so ist, wenn wir $\gamma : \theta = 9 : 1$ setzen:

$$(96 - 60) : (96 - \alpha) = 9 : 1;$$

folglich

$$\alpha = 92 \text{ Gr.}$$

Also muß das Wasser 92 Gr. Wärme haben, wenn es beynt Eintauchen der Hand in bemeldten Umständen temperirt scheinen soll. Da das Wasser selten an sich diese Wärme hat, so begreift man hieraus, warum es uns selbst im Sommer als kalt vorkömmt.

§. 564.

Hat hingegen sowohl die Luft als das Wasser die Wärme des Leibes, so ist $b = \beta = y$, und da wird in beyden Fällen

$$\frac{d y}{d \tau} = n.$$

Alsdann kömmt uns Luft und Wasser als gleich warm vor. Um bey dem erstgegebenen Beispiele zu bleiben, haben wir demnach
 in der Luft zwischen dem 60sten und 96sten Gr.
 im Wasser zwischen dem 92sten : 96sten —
 nach unserer Empfindung gleich viele Stufen der Wärme zu setzen.

S. 565.

Dieses klärt nun einige widersinnig und unerhört scheinende Erfahrungen auf. Vor einigen Jahren schrieb man Wunders, daß die Herren Banks, Solander und Phipps in des Herrn Bagden künstlich geheiztem Zimmer eine Hitze von 211 Fahrenheitschen Graden viele Minuten lang aushalten konnten. Zoward hielt in der Höhle des Besuvs eine Hitze vom 240sten Grad aus. *Du HAMEL du MONCEAU* erzählt von einem Mädchen, welches 15 Minuten lang in einem bis auf den 324sten Grad erhitzten Ofen geblieben. Dieses hätte nun freylich Boerhave als etwas schlechtthin tödtliches mißrathen. Er ließ durch Fahrenheit in einer zuckertröcknen Kammer, die 146 Gr. Wärme hatte, einen Vogel, einen Hund und eine Katze bringen, die in kurzer Zeit todt waren.

S. 566.

Die Versuche in einer so warmen Luft sind nun freylich etwas selten, und wenn man sich nicht stufenweise dazu gewöhnt, eben nicht zum Zeitvertreibe anzurathen. Indessen möchten die Arbeiter in den Glashütten einer wohl nicht geringern Hitze ausgesetzt seyn. Um aber zu sehen, ob die Sache so gar schwer zu begreifen ist, dürfen wir nur, statt der Luft, Wasser setzen, und sehen, wie warm dasselbe seyn muß, damit, wenn man die Hand darein taucht, es eben den Grad der Wärme zu haben scheine. Setzen wir demnach die erst angegebene Vergleichung (S. 564. fort, so finden sich nach dem Fahrenheitschen Thermometer folgende Grade für gleich warm scheinende

Luft.	Wasser.	Wärme.
60	92	0
96	96	1
126	100	2
162	104	3
198	108	4
234	112	5
270	116	6
306	120	7
342	124	8

Nun sagt Martine, er könne seine Hand in Wasser halten, das 108 Gr. Wärme hat. Und Amontons erzählt, sein Bedienter habe in Wasser, das so viel ich mit Martine aus der Vergleichung urtheilen kann, den 17ten Newtonschen (S. 105.) oder den 124sten Fahrenheit'schen Grad Wärme hatte, die Hand lange Zeit halten können. Färbern, Köchen und andern, die viel mit kochendem Wasser umgehen, ist wohl noch ein größerer Grad erträglich. Wenn wir aber auch bey dem 124sten Grade bleiben, so kommt derselbe mit dem 342sten Grad der Luft überein, und dieser ist größer als der, den des *du HAMEL* Mädchen in dem Ofen ausgehalten hat. Die erstgegebene Vergleichung zeigt demnach, daß Wasser von 124 Gr. Wärme, und Luft vom 324sten Grad auf uns einerley Eindruck machen, oder uns gleich warm zu seyn scheinen.

S. 567.

In Ansehung der Grade der Kälte können wir vorstehende Vergleichung rückwärts forsetzen, und sie gibt uns folgende Grade für gleich kalt scheinende

Luft.	Wasser.	Grade.
60	92	0
24	88	— 1
— 12	84	— 2
— 48	80	— 3
— 84	76	— 4
— 120	72	— 5
— 156	68	— 6
— 192	64	— 7
— 228	60	— 8
&c.		

So strenge Kälte als der 120ste Grad unter Fahrenheit's 0 ist, hat die Luft zu weilen in Siberien. Indessen kommt der erste Eindruck, den sie auf uns macht, mit dem so 72 Gr. warmes Wasser in der größten Sommerhitze macht, überein. Rolandson Martin erzählt, daß, als seine Schwimmer (S. 554.) aus dem Wasser kamen, welches den 16ten Grad des schwedischen oder 61sten Fahrenheit'schen Grad Wärme hatte, sie so zitterten, als hätten sie das Fieber, und daß die Nägel ganz blau waren. Den Siberiern, wenn sie eben so lang in einer — 219 Gr. kalten Luft bleiben, möchte es eben nicht besser zu Muthe seyn. Sie schützen sich aber auch durch Pelze und erwärmen sich wieder in Gemächern, die mehr als Bad- und Schwitzestuben gewärmt werden. Eine so gar strenge Kälte ist übrigens mehrentheils sehr trocken, und eben daher auch weniger angreifend, als eine an sich geringere, aber feuchte Kälte. Und dann wird wohl auch der Grad der Wärme, den man in Siberien temperirt nennt, ziemlich tief müssen heruntergesetzt werden. Vermuthlich sind daselbst auch die Erklärungs-Subtangente in

gleichen Umständen länger, so, daß in gleichen Zeittheilchen weniger Wärme weggeht. In der Kälte sind die Pori mehr geschlossen, die Ausdünstung ist geringer, und beydes trägt zur Verlängerung der Subtangente bey. (§. 546.)

§. 568.

In Ansehung dieser Subtangente ist nun noch ferner zu bemerken, daß es nicht die oben (§. 318.) erwähnten größten Subtangente sind, nach welchen nemlich der ganze Leib einformig erkälten würde. Der erste Eindruck der äußern Kälte betrifft nur die Oberfläche des Leibes. Er wird aber auch sogleich empfunden, und man hat nicht nöthig zu warten, bis die Kälte tiefer hineindringt, wie wohl dieses, wenn man lange in der Kälte bleibt, nach und nach auch geschieht. Alsdann wird aber auch der Zufluß der innern Wärme stärker, und die Empfindung der Kälte wird dadurch wieder um in etwas gemäßiget, und man wird nach und nach daran gewöhnt.

§. 569.

Wenn man aber von den geringern und oft sehr schnell abwechselnden Wirkungen der äußern Wärme und Kälte, dergleichen z. E. die Aenderung des Windes, das Thauwetter im Winter, ein kühler Regen im Sommer, das Aus- und Eingehen im Winter zc. hervorbringt, abstrahirt, und nur auf das allgemeinere und dauerhasere in diesen Empfindungen Rücksicht nimmt, so kommen auch die längern Subtangente in Betrachtung. Denn bey einem so zusammengesetzten Körper, wie der menschliche Leib ist, geht die Erwärmung und Erkältung nicht nach einer, sondern nach der Summe und Differenz von mehreren logarithmischen Linien von statten, auch wenn der innere Zufluß oder die Erzeugung neuer Wärme beständig gleich bleibt.

§. 570.

Wenn nun im Winter mit einemale eine strenge Kälte einbricht, so ist sie am ersten Tage am meisten empfindlich, den 2ten Tag wird sie schon etwas weniger merklich, und nach 3, 4 oder 5 Tagen findet man sich schon ziemlich daran gewöhnt, wenn auch schon die Kälte nicht nachläßt. Fällt daraufhin Thauwetter ein, so scheint es sehr gelinde, oder auch wohl gar temperirt zu seyn, wenn gleich das Thermometer in freyer Luft noch nicht über den Frierpunct hinaus will. Inzwischen gewöhnt man sich an das Thauwetter auch bald, und wenn dann eine an sich geringere, aber feuchte Kälte einfällt, so wird sie mehrentheils stärker empfunden, als eine viel strengere trockene Kälte.

S. 571.

Am besten ist man im Hornung, im Ganzen betrachtet, an die Kälte gewöhnt, weil die strengste Kälte mehrentheils im Jenner einbricht. Gibt es dann im Anfang des Merzen, wie es fast alle Jahre geschieht, einige schöne Tage, so scheint es, als wenn es ganz Frühling werden wollte, wenn gleich das Thermometer in freyer Luft noch nicht viel über den Frierpunct hinaufsteigt, und es noch alle Nächte friert.

S. 572.

Im October hingegen ist es umgekehrt. Die erste Kälte ist gewöhnlich sehr empfindlich, zumal wenn sie feucht ist. Man thut aber auch gut, wenn man dieselbe nicht scheuet, sondern sich eher daran gewöhnt. Sie dauert übrigens selten so lange, und so muß man sich im November und December noch ferner daran gewöhnen, wenn man die nachfolgende größere Grade leichter ertragen will.

Der
Pyrometrie
oder
vom Maaße des Feuers und der Wärme
Achter Theil.
Von der Sonnenwärme.

Erstes Hauptstück.

Einleitung.

S. 573.

Wir haben die Erde als eine Kugel anzusehen, welche dem Lichte und der das herrührenden Wärme der Sonne beständig ausgesetzt ist, weil nur selten der Mond etwas von ihrem Lichte der Erde entzieht. Da nun aber die Sonne immer nur etwa die Hälfte dieser Kugel bescheinet, und diese Hälfte sich wegen der Umrözung und dem jährlichen Umlaufe der Erde beständig ändert, so entstehen daher auch tägliche und jährliche Abwechslungen, welche die vornehmste Quelle des Unterschiedes der Jahreszeiten sind.

S. 574.

In Absicht auf die Erde, im Ganzen betrachtet, würde es nun gleich viel seyn, welcher Hälfte ihrer Oberfläche der Sonne ausgesetzt ist. Sie würde immer eben die Menge von Wärme erhalten. Nur würde in der Art, wie diese Wärme sich in die Erde hineinzieht, ein eben nicht geringer Unterschied seyn. Die Erde ist ein sehr großer Körper, wenigstens in Vergleichung mit kleinen Thermometerkugeln, bey denen man mit einer Erhaltung-Subtangente ausreicht. So kurz geht aber die Rechnung, in Ansehung der Erde, nicht von statten. Es werden mehrere Subtangente erfordert. Und dann wird es ein Glück seyn, wenn dieselben so sehr von einander verschieden sind, daß der Erfolg einer jeden für sich betrachtet werden kann.

§. 575.

Unter diesen Subtangenteu ist nun die größte diejenige, welche die Erde im Ganzen betrifft. Man sehe, die Erde wäre Anfangs absolut kalt gewesen, so würde sie alle Wärme, die sie nun hat, nach und nach von der Sonne erhalten haben, und dazu würde freylich eine geraume Zeit erfordert worden seyn. Denn man sehe, die Wärme bewege sich in der Erde so schnell als im Wasser, so legt sie in einer Minute doch nur einen Weg von 8 Zollen zurück. (§. 399.) Nun sind von der Oberfläche der Erde bis zum Mittelpunct etwa 20 Millionen Fuß zu durchlaufen, und so wird es $\frac{1}{2}$ Million Stunden oder 57 Jahre gebrauchen, bis dieser Weg zurückgelegt wird. Man sieht daraus, daß, wenn von der allmähli- gen Erwärmung der ganzen Erde die Rede ist, die Zeit nicht nach Augenblicken, sondern nach Jahrhunderten genommen werden muß.

§. 576.

Bei dieser allmähli- gen Erwärmung geht nun von der erlangten Wärme auch immer wieder ein Theil aufwärts weg. Die Erde ist eine Kugel, die im freyen und so ziemlich absolut kalten Himmelsraume erkaltet. In dieser Absicht ist ihr Diameter das Maas ihrer Erkältungs- Subtangente, und wenn wir diese nach Maas eines Thermometers von Weingeist oder auch von Wasser schätzen, so muß auf jede Linie eine Minute Zeit gerechnet werden. (§. 261.) Dieses gibt für 40 Millionen Fuß eine Zeit von 4 Millionen Tagen oder 11000 Jahren. Nach Verfluß dieser Zeit würde die Erde nur erst $\frac{1}{30}$ derjenigen Wärme erhalten haben, die sie in allem zu erhalten hat.

§. 577.

Diese Wärme würde zwar der Menge nach, sehr groß, hingegen der Stärke nach, sehr geringe seyn. Ich muß aber anmerken, daß hier von der mittlern Wärme der ganzen Erde die Rede ist. Denn wegen der langsamen Fortpflanzung der Wärme, würde sich nothwendig die Wärme an der Oberfläche merklich aufhäufen, und erst nach vielen tausend Jahren der gleichförmigen Vertheilung näher kommen. Die mittlere Wärme würde dabey nicht größer seyn als der Ueberschuß der Wärme, den ein kleines Kugelschen von Erde an der Sonne erhält. Denn die Größe der Kugel ändert hieran nichts. (§. 272. 273.) Dieser Ueberschuß beträgt aber kaum 15 bis 20 Reaumur'sche Grade. Die mittlere Wärme der Erde, im Ganzen betrachtet, würde also von der absoluten Kälte des Himmelsraumes wenig verschieden seyn,

§. 578.

So ist nun aber die Sache nicht beschaffen. Wir wissen zwar nicht, wie warm oder wie kalt es bey dem Mittelpunct der Erde ist. Wir wissen aber, daß es in viel geringern Tiefen Feuer gibt, das eben nicht in geringer Menge ist, und

dazu geschaffen zu seyn scheint, der Erde eine Wärme zu geben, die sie von der Sonne allein nicht erhalten könnte. Dieses Feuer ist nun allerdings in ungleichen Tiefen und ungleich vertheilt. Bey den feuerspendenden Bergen reichet es bis an die Oberfläche, und trägt mit dazu bey, daß z. E. in Island die Winterkälte sehr gemäßiget ist. Wo die Hitze desselben sich unter der Erde frey ausbreitet, nimmt sie in umgekehrter Verhältniß des Quadrates der Entfernung ab. (§. 346.) Zieht sie sich aber durch unterirdische Gänge und Grüste, oder theilt sie sich einem vorbeistießenden unterirdischen Wasser mit, so nimmt sie mit der Entfernung logarithmisch ab. (§. 327.) Man kann sich leicht auch Fälle gedenken, wo beyde Verminderungen zugleich statt finden. Gewöhnlich aber muß man sie sich als noch viel mehr zusammengesetzt vorstellen. Denn die unterirdischen Gänge sind eben nicht so ganz cylindrisch oder von durchgängig gleicher Weite, wie die Röhre im 541. §., und die ungleiche Dichtigkeit und Cohäsionskräfte der unterirdischen Körper ist mehr als zureichend, sehr viele Ungleichheiten in der Ausbreitung, der vom unterirdischen Feuer herrührenden Wärme zu verursachen.

§. 579.

Zu den Wirkungen dieses unterirdischen Feuers kommen nun wohl auch noch geringere Grade von Wärme, und zuweilen auch von Kälte, die bloß aus Mischungen ungleichartiger Materien herrühren, und welche wohl auch der Anfang zu einem wirklich nachher entstehenden Feuer seyn können. Solche Mischungen und die Feuer selbst mögen nun etwa das seyn, was schon mehrere Weltweise, als die Grundwärme der Erde, angesehen haben. Wenigstens geben sie den Stoff dazu, und so auch zu deren fernern Unterhaltung. Aus der ungleichen Tiefe und Vertheilung wird auch begreiflich gemacht, daß nicht alle Theile der Erdoberfläche davon gleich erwärmt werden, und daß eben daher Länder, die der Sonne gleich ausgesetzt sind, sehr ungleich warm oder kalt seyn können. Und da es sehr vermuthlich ist, daß die unterirdische Hitze wenigstens dadurch ihren Ort ändert, daß sie an einem Orte am Stoffe Abgang leidet, während dem an andern Orten Mischungen und neues Feuer entstehen, so kann es auch seyn, daß Länder, die ehemals kälter waren, nachgehends wärmer werden, und hinwiederum Länder, die mehr Wärme haben, künftig daran Mangel leiden. Es giebt mehrere Veränderungen in der Erde, wozu viele Jahrhunderte Zeit gehören.

§. 580.

Die Wirkungen dieser Grundwärme sind also für jedes Land zwar mehr oder weniger verschieden, dabey aber mehrentheils Jahrhunderte durch ziemlich gleich, und, im Ganzen betrachtet, scheinen sie nicht sehr groß zu seyn. Die täglichen und jährlichen Veränderungen sind demnach eigentlich der Sonne zuzuschreiben. Sollten indessen die Erdbeben von neuentstehenden unterirdischen Entzündungen entstehen, so ist es vermuthlich, daß dadurch, so zu sagen, eine neue

Quelle von Wärme eröffnet wird, die sich übrigens nicht immer weit herum erstreckt, (S. 578.) und auch nicht immer von sehr langer Dauer ist, und daher auch gewöhnlich nur zu den etwas seltenern Ursachen der Witterung zu zählen ist.

§. 581.

Die ziemlich beständige und wenigstens sehr lange Zeit gleiche Wirkung der Grundwärme, nebst der immer fortdauernden Einwirkung der Sonnenstrahlen, nebst vielen andern Betrachtungen macht, daß wir uns hiebei einen Beharrungsstand gedenken können, in welchen die Erde schon längst gesetzt ist, und der sich zwischen ziemlich bestimmten Schranken hält. Das Grundgesetz dieses Beharrungsstandes ist, daß die Wärme, welche die ganze Erde in Verlauf eines Jahres von der Sonne erhält, auch in Zeit von einem Jahre wieder weggeht, so daß die ganze Summe der Wärme, wenigstens ein Jahr ins andere gerechnet, und ohne Rücksicht auf die kleinern sich nur hin und wieder äußernden Ungleichheiten, immer eben dieselbe bleibt.

§. 582.

Die Sonne scheint an sich eine sich selbst ziemlich gleich bleibende Quelle von immer neuem Licht und Wärme zu seyn. Ob sie wirkliche Licht- und Feuertheilchen ausströme, oder nur der durch den Weltraum verbreitet seyn sollenden Lichtmaterie immer neue wellenförmige Bewegungen mittheile, das mag hier dahin gestellt bleiben. Ich merke nur gelegentlich an, daß diejenigen, welche für den ersten Fall besorgen, die Sonne möchte an Stoff zu arm werden, für den andern Fall eben so besorgt seyn können, es möchte der Sonne nach und nach an Kraft fehlen, die immer neue Bewegung hervorzubringen. Durch solche Besorgnisse wird die Schwierigkeit nicht gehoben, sie erhält nur eine andere Gestalt. Diejenigen, die von der Sonne und der Erhaltung ihres Lichtes eben so reden, wie wir von dem irdischen Feuer und dessen Erhaltung reden müssen, bedenken nicht genug, daß die Materie der Sonne, wegen der unermesslichen Dichtigkeit ihres Lichtes, eine Materie seyn muß, die mit den irdischen Materien wenig oder nichts gemein hat, (S. 374.) und daher schon aus diesem Grunde mit denselben nicht verglichen werden kann. Das Sonnenlicht ist aus farbigen Strahlen zusammengesetzt. Es ist die Frage, ob nicht diese farbigen Strahlen auf der Oberfläche der Sonne, eine jede Art für sich, von besondern Körpern herkömmen, so daß die Körper auf der Sonne sich auch durch ihre Farbe unterscheiden lassen. Die Sonnenflecken würden sich aus der Veränderung der Farbe der Körper immer so gut als aus andern Gründen erklären lassen. Es gibt Fixsterne, die ein röthliches Licht haben, Auf deren Oberfläche muß also wohl die rothe Farbe die herrschende seyn.

§. 583.

Die Sonnenflecken haben ein schwächeres Licht, und können in sofern die Erwärmung der Erde vermindern. Da sie aber mehrentheils in Vergleichung mit

der Sonnenscheibe sehr klein sind, so hat der Erfolg wenig auf sich. Eben so wenig mag auch das von der Sonnenatmosphäre aufgefangene Licht austragen. Die Wolken, womit der Himmel viel und oft bedeckt ist, sind in Ansehung des Lichtes und der Wärme der Sonne ein ganz anderes Hinderniß. Regen, Hagel und Schnee benehmen der Oberfläche der Erde so viel Wärme als der gänzliche Mangel des Sonnenlichtes während mehrern Tagen kaum thun würde. Man sieht also, daß wenn von der täglichen Erwärmung der Erde an bestimmten Orten die Rede ist, die Rechnung für einen hellen Tag ganz anders ausfällt als wenn das Wetter trübe ist, oder vollends Regen oder Schnee die Erde erkaltet. Man sieht ebenfalls, daß, wenn die jährliche Erwärmung und Erkältung der verschiedenen Theile der Erdoberfläche zu betrachten ist, diese erkältende Ursachen die Erkältungs-Subtangente sehr verkürzen, und daß es eine auf Bedingungen einzuschränkende Sache ist, wenn man die Wärme, so die Erde in jeder Jahreszeit von der Sonne erhält, derjenigen proportional setzt, die sie ohne solche Hindernisse erhalten könnte. Ich habe übrigens schon oben (S. 287.) angemerkt, daß eben nicht alle Sonnenwärme wegen der Luft und der Wolken verloren geht. Das Sonnenlicht ändert nur den Weg, und kommt immer mehr oder weniger bis zur Erdoberfläche. Dieser Weg kann sich zuweilen so ändern, daß an einigen Orten mehr Strahlen zusammenreffen, und daher mehr Wärme entsteht als bey hellem Himmel von der Sonne gerade entstehen würde.

Zweytes Hauptstück.

Menge der Sonnenwärme.

§. 584.

Die Menge der Sonnenwärme hängt überhaupt von der Dichtigkeit ihrer Strahlen, von der Zeit oder Dauer und von der Größe der Oberfläche ab, auf welche sie fallen, und ist in Verhältniß des Productes dieser drey Bestimmungsstücke.

§. 585.

Die Dichtigkeit der Sonnenstrahlen ändert sich in umgekehrter Verhältniß des Quadrats ihres Abstandes. In dieser Absicht werde ich den mittlern Abstand der Erde von der Sonne = 1, und die Dichtigkeit, so alsdann statt findet, ebenfalls = 1 setzen. Diese wird demnach für jeden andern Abstand x durch $\frac{1}{x^2}$ ausgedrückt werden können.

§. 586.

Die Zeit wird am füglichsten durch 2π , als den Umkreis eines Circuls vorgestellt, dessen Halbmesser $= 1$ ist, und zwar mit dem Unterschiede, daß, wenn von dem täglichen Umlaufe der Sonne die Rede ist, alsdann 2π so viel als 24 Stunden beträgt, und hingegen ein ganzes Jahr bedeutet, wenn von dem jährlichen Umlaufe die Rede ist.

§. 587.

Die Fläche, worauf die Sonnenstralen fallen, werde ich überhaupt nur durch 1 ausdrücken, weil sie nur in Vergleichung mit andern Flächen in Betrachtung kommt, und übrigens in der Rechnung nichts ändert. Man kann also dadurch einen Quadratsfuß, eine Quadratmeile, das Quadrat des Halbmessers der Erde 2c. verstehen. Genug, daß man, wenn mehrere Flächen mit einander zu vergleichen sind, bey allen einerley Einheit gebraucht. Dadurch übrigens, daß ich die Fläche durch 1 andeute, entsteht der Vortheil, daß der Ausdruck für die Menge immer auch ihren Grad der Stärke vorstellt.

§. 588.

Die Menge der Wärme, so die Erde, oder überhaupt ein Planet von der Sonne erhält, nimmt in gleicher Verhältniß mit der wahren 31. Figur. Anomalie zu. Es sey S die Sonne, A die Sonnenferne, P die Sonnennähe des Planeten, T ein beliebiger Punct seiner Bahn, $TS A = \phi$ die wahre Anomalie. Die Dichtigkeit der Stralen in T ist demnach $= 1 : S T^2$. Und die Zeit, in welcher der Planet das Element der Bahn T t durchläuft, ist in Verhältniß des Raumes T S t, folglich in Verhältniß von $\frac{1}{2} S T^2 \cdot d\phi$. Demnach wird die Menge der Stralen oder der Wärme in Verhältniß des Productes

$$\frac{1}{S T^2} \cdot \frac{1}{2} S T^2 \cdot d\phi,$$

das will sagen, schlechtthin nur in Verhältniß von $d\phi$ seyn. Wird demnach die Zeit von der Sonnenferne A angerechnet, so ist die Menge der Wärme, so der Planet in der Zeit von A bis T erhält, dem Winkel $A S T = \phi$, das will sagen, der wahren Anomalie proportional.

§. 589.

Man sieht hieraus, daß, wenn von der jährlichen Erwärmung der Erde die Rede ist, man statt der Zeit füglich die wahre Anomalie, oder auch die wahre Länge der Sonne gebraucht. Die von dem ungleichen Abstände der Sonne herrührende Ungleichheit wird dadurch ganz gehoben und die Rechnung merklich kürzer. Es ist übrigens diese Ungleichheit in Ansehung der Erde viel zu geringe, als daß sie, wenn man auf die vorhin (§. 583.) erwähnte Hindernisse Rücksicht

nimmt, in Betrachtung kommen sollte. Bey den Cometen möchte sie mehr auf sich haben. Denn die Zeit, in welcher sie die der Sonne zunächst liegenden 180 Grade ihrer Anomalie durchlaufen, ist oft nur von wenigen Tagen oder Wochen. Und in dieser kurzen Zeit erhalten sie eben so viel Licht und Wärme als sie in der übrigen Umlaufszeit erhalten, die mehrentheils von mehreren Jahrhunderten ist. Unter den Planeten hat Mercur die größte Eccentricität. Er erhält auch in den 32 $\frac{1}{2}$ Tagen, da er zunächst um die Sonne ist, von derselben eben so viel Licht und Wärme als in den übrigen 55 $\frac{1}{2}$ Tagen seiner Umlaufszeit.

§. 590.

Die Wärme, welche die Sonne einem beliebigen Orte der Erdoberfläche mittheilt, richtet sich in jedem Augenblicke nach dem Sinus der Sonnenhöhe als des Einfallswinkels. Ich drücke demnach die Dichtigkeit der senkrecht auffallenden Sonnenstrahlen eben so, wie den Sinus von 90° durch 1 aus; und sofern von der täglichen Erwärmung die Rede ist, werde ich die Zeit durch die Stundenbogen, den Halbmesser = 1 gesetzt, ausdrücken.

§. 591.

Es sey demnach

 ω = der Stundenbogen vom Mittage angerechnet. e = die Höhe des Aequators. p = die Polhöhe nördlich. d = die Abweichung der Sonne nördlich. c = ihr Complement oder der Sonnenabstand vom Pol. a = der Sonnenabstand vom Scheitelpunct,

so giebt die Sphärische Astronomie die Gleichung

$$\cos a = \cos e, \cos c. + \sec. \text{sc.} \cos \omega.$$

Da nun dieser $\cos a$ eben der Sinus der Sonnenhöhe ist, so darf er nur mit dem Element der Zeit $d\omega$ multiplicirt werden, und man wird, wenn z die Menge der Wärme für einen Flächenraum = 1, und die Zeit ω andeutet, die Gleichung

$$dz = \cos a, d\omega = \cos e, \cos c. d\omega + \sec. \text{sc.} \cos \omega. d\omega$$

haben, woraus

$$z = \cos e. \cos c. \omega + \sec. \text{sc.} \sin \omega$$

erhalten wird.

§. 592.

In dieser Formel wird die Zeit ω vom Mittage angerechnet. Sie dauert bis zum Untergang der Sonne, wo sie, wenn ϕ die Ascensionaldifferenz vorstellt, = $\frac{1}{2}\pi + \phi$ wird. Dieser Werth in der Gleichung gesetzt, giebt die Menge der Wärme für den ganzen Nachmittag.

$$\frac{1}{2}Z = \cos e. \cos c. (\frac{1}{2}\pi + \phi) + \sec. \text{sc.} \cos \phi,$$

Und für den ganzen Tag, nemlich von Aufgang bis Untergang der Sonne

$$Z = \cos e, \cos c. (\pi + 2 \varphi) + 2 \sin e, \sin c. \cos \varphi$$

oder

$$Z = \sin p, \sin \delta (\pi + 2 \varphi) = 2 \cos p. \cos \delta. \cos \varphi$$

§. 593.

Es ist nun aber

$$\sin \varphi = \sin \delta. \tan p,$$

folglich

$$\sin \delta. \sin p. = \sin \varphi. \cos \delta. \cos p.$$

Wird dieser Werth in der letzten Gleichung gesetzt, so verwandelt sie sich in

$$Z = \cos \delta. \cos p. [\sin \varphi (\pi + 2 \varphi) + 2 \cos \varphi]$$

Und dieses will sagen, daß bey gleicher Tages-Länge die Menge der Sonnenwärme in Verhältniß von $\cos \delta. \cos p.$ ist. Es ist aber $\cos \delta. \cos p.$ der Unterschied der Sinus der Sonnenhöhen um Mittag und um 6 Uhr.

§. 594.

Für den Aequator ist $p = 0$, $\varphi = 0$. Damit wird schlechtthin

$$Z = 2. \cos \delta.$$

Für den Pol hingegen ist $p = 90^\circ$, und für den Tagbogen wird $2 \varphi = \pi$, folglich schlechtthin

$$Z = 2 \pi. \sin \delta.$$

Ueberhaupt auch, wenn die Sonne im Aequator ist, hat man $\delta = 0$, $\varphi = 0$, und demnach ebenfalls sehr kurz

$$Z = 2 \cos p. = 2 \sin e.$$

Dieses sind die einfachsten Fälle, welche die Formel unter sich begreift.

§. 595.

Halley hat längst schon folgende Tafel berechnet, welche aus der Gleichung (§. 592.) hergeleitet werden kann. Sie gibt den Werth von Z für die Lage an, wo die Sonne im Aequator und in beyden Wendekreisen ist, und für die Polhöhen von 10 zu 10 Graden.

Polhöhe.

Polhöhe.	Sonne in o Z	Sonne in o Y, μ	Sonne in o S
0	1,8341	2,0000	1,8341
10	1,5834	1,9696	2,0290
20	1,3166	1,8794	2,1737
30	1,0124	1,7321	2,2651
40	0,6944	1,5321	2,3048
50	0,3798	1,2855	2,2991
60	0,1075	1,0000	2,2773
70		0,6840	2,3543
80		0,3473	2,4673
90		0,0000	2,5050

Halley erreichte mittelst dieser Tafel seine Absicht in so fern, daß er dadurch zeigen konnte, daß der Erdpol an einem 24 Stunden langen Sommertage mehr Wärme erhalte, als die unter dem Aequator gelegenen Oerter in einem nur 12 Stunden lang dauernden Tage. Dieses ergibt sich aus der letzten Columne ohne Mühe. Man sieht daraus, daß die Menge der Wärme am Tage der Sommer Sonnenwende vom Aequator bis zum Klima von Italien zunimmt, im Klima von Deutschland etwas geringer wird, von da an aber bis zum Pol sich wieder vergrößert, und wirklich unter dem Pol am größten ist. Die nachgehends mit übereinstimmenden Thermometern angestellten Wetterbeobachtung zeigten auch immer mehr, daß in der That in den Nordländern die Sommerwärme auch in den nördlichen Ländern oft eben so groß, wiewohl von geringerer Dauer als in den näher bey dem Aequator gelegenen Ländern ist. Und so schien Halleys Tafel der wirklichen Erfahrung wenigstens nicht zuwider. Sie diente im Gegentheile, daß man die Erfahrung als weniger widersinnig ansah.

§. 596.

Als ich 1754. die hieher gehörigen Rechnungen vornahm, ließ ich es bey dem, was Halley für die Tage der Nachtgleichen und Sommerwenden gethan, nicht so schlecht hin bewenden, sondern nahm auch die zwischenfallenden Jahreszeiten vor, woben ich mich jedoch auf einige der merkwürdigsten Polhöhen einschränkte, und nur die halbe Tagwärme berechnete. Den Erfolg enthält nachstehende Tafel:

Ort der Sonne.	Unter dem Pol.	Unter dem Polarcircul	Polhöhe von 49 Gr.	Unter dem Wendekr.	Unter dem Aequator.	Ort der Sonne.
3 5		0,001	0,207		0,918	25
15		0,002	0,220	0,620	0,923	15
25		0,012	0,244		0,932	7 5
4 5		0,032	0,280		0,945	25
15		0,065	0,327	0,711	0,950	15
25		0,115	0,388		0,973	11 5
5 5		0,179	0,465		0,986	25
15		0,259	0,545	0,849	0,995	15
25		0,340	0,625		0,999	15 5
6 5	0,109	0,452	0,695		0,999	25
15	0,324	0,562	0,774	0,978	0,995	15
25	0,529	0,671	0,854		0,986	17 5
7 5	0,719	0,779	0,933		0,973	25
15	0,885	0,888	1,004	1,063	0,959	15
25	1,026	0,982	1,060		0,945	19 5
8 5	1,136	1,065	1,102		0,932	25
15	1,210	1,117	1,131	1,101	0,923	15
25	1,248	1,149	1,144		0,918	21 5

Die Polhöhe von 49 Gr. wählte ich, weil der längste Tag daselbst von etwa 16 Stunden ist, und dieser Parallellkreis so ziemlich mitten durch den bekantern, und in Ansehung der Wärme gemäßigtern Theil von Europa geht.

S. 597.

Diese Tafel gibt nun näher an, wie die halbtägliche Erwärmung sich das Jahr durch unter den angezeigten Polhöhen ändert. Die drey mittlern Columnen können auch so ziemlich dienen, sich von den zwischensfallenden Polhöhen einigen Begriff zu machen. Sie diene mir ferner zu verschiedenen beyläufigen Ueber- schlägen, und besonders auch zur Vergleichung der jährlichen Erwärmung. Ich sahe nemlich die Zahlen der Tafel, als das Mittel zwischen den vorhergehenden und folgenden Tagen an, und berechnete daraus die Summe für 365 Tage. Diese fand ich für

den Pol	= 287.
Polarcircul	= 350.
49° Polhöhe	= 487.
Wendekreis	= 646.
Aequator	= 700.

Man sieht hieraus, daß die ganze Summe der jährlichen Sonnenwärme unter dem Polarcircul etwa die Hälfte von der unter dem Aequator; unter dem Pol aber noch geringer und kaum $\frac{2}{3}$ ist.

§. 598.

Da bey der Berechnung der Formel (§. 592.) der Tagbogen die meiste Weisläufigkeit verursacht, so war dieses ein Grund mit, warum ich die andere (§. 593.) daraus herleitete, weil darinn der Ausdruck

$$\sin \varphi \cdot (\tau + 2 \varphi) + 2 \cos \varphi$$

oder auch die Hälfte davon schlechthin nur von der Ascensionaldifferenz φ oder dem halben Tagbogen ($\frac{1}{2} \pi + \varphi$) abhängt, und folglich ohne Rücksicht auf die Polhöhe für einerley Taglänge einerley Werth gibt, und dieser sodann nur durch $\cos \delta \cdot \cos \varphi$ multiplicirt werden darf, um die tägliche oder halbtägige Erwärmung zu erhalten. Ich berechnete demnach für den Ausdruck

$$q = \sin \varphi \cdot (\frac{1}{2} \pi + \varphi) + 2 \cos \varphi$$

folgende Tafel, welche die Werthe von $\frac{1}{2} q$ enthält.

$-\varphi$	q	$-\varphi$	q	φ	q	φ	q
90	0,0000	45	0,1517	0	1,0000	45	2,3731
89	0,0001	44	0,1616	1	1,0275	46	2,4022
88	0,0001	43	0,1719	2	1,0554	47	2,4309
87	0,0001	42	0,1825	3	1,0835	48	2,4593
86	0,0002	41	0,1936	4	1,1120	49	2,4871
85	0,0002	40	0,2051	5	1,1407	50	2,5146
84	0,0003	39	0,2170	6	1,1695	51	2,5418
83	0,0006	38	0,2292	7	1,1987	52	2,5687
82	0,0009	37	0,2419	8	1,2282	53	2,5951
81	0,0012	36	0,2550	9	1,2579	54	2,6211
80	0,0017	35	0,2686	10	1,2878	55	2,6466
79	0,0023	34	0,2825	11	1,3180	56	2,6717
78	0,0030	33	0,2968	12	1,3483	57	2,7064
77	0,0039	32	0,3115	13	1,3788	58	2,7205
76	0,0049	31	0,3268	14	1,4094	59	2,7441
75	0,0060	30	0,3424	15	1,4403	60	2,7673
74	0,0072	29	0,3584	16	1,4714	61	2,7899
73	0,0086	28	0,3749	17	1,5025	62	2,8119
72	0,0102	27	0,3918	18	1,5337	63	2,8333
71	0,0121	26	0,4091	19	1,5649	64	2,8642
70	0,0140	25	0,4269	20	1,5964	65	2,8746

Pl. 2

$-\varphi$	q	$-\varphi$	q	φ	q	φ	q
69	0,0162	24	0,4450	21	1,6279	66	2,8940
68	0,0186	23	0,4636	22	1,6595	67	2,9130
67	0,0212	22	0,4826	23	1,6911	68	2,9314
66	0,0240	21	0,5010	24	1,7228	69	2,9491
65	0,0273	20	0,5219	25	1,7549	70	2,9662
64	0,0305	19	0,5421	26	1,7863	71	2,9824
63	0,0341	18	0,5628	27	1,8180	72	2,9980
62	0,0380	17	0,5840	28	1,8490	73	3,0129
61	0,0420	16	0,6054	29	1,8818	74	3,0271
60	0,0465	15	0,6272	30	1,9135	75	3,0405
59	0,0512	14	0,6494	31	1,9450	76	3,0532
58	0,0563	13	0,6721	32	1,9766	77	3,0650
57	0,0616	12	0,6951	33	2,0077	78	3,0759
56	0,0672	11	0,7185	34	2,0389	79	3,0862
55	0,0732	10	0,7423	35	2,0700	80	3,0956
54	0,0795	9	0,7665	36	2,1016	81	3,1040
53	0,0861	8	0,7910	37	2,1326	82	3,1119
52	0,0931	7	0,8159	38	2,1634	83	3,1188
51	0,1004	6	0,8412	39	2,1941	84	3,1246
50	0,1080	5	0,8669	40	2,2245	85	3,1298
49	0,1159	4	0,8929	41	2,2546	86	3,1342
48	0,1243	3	0,9191	42	2,2846	87	3,1373
47	0,1331	2	0,9458	43	2,3144	88	3,1397
46	0,1423	1	0,9727	44	2,3439	89	3,1412
45	0,1517	0	1,0000	45	2,3731	90	3,1416

Bestimmt man nun erst

$$s\varphi = t \delta. t p,$$

so gibt diese Tafel

$$Z = 2 \cos \delta. \cos p. q.$$

Der Gebrauch dieser Tafel erstreckt sich auf diese Art vom Aequator bis zum Polarcircul, und überhaupt bis so weit der Tag anfängt im Winter = 0, im Sommer größer als 24 Stunden zu werden. In diesem letzten Fall wird die Rechnung nur für 24 Stunden gemacht, und demnach $q = 3,1416$ genommen. Im ersten Fall bleibt die Rechnung ganz weg, weil $q = 0$ ist, so lange die Sonne nicht aufgeht.

§. 599.

Diese Tafel dient also, für jeden beliebigen Tag und Polhöhe die tägliche Sonnenwärme zu berechnen. Wenn man aber die Summe für eine beliebige Anzahl Tage mit einemmale finden will, so muß die Rechnung allgemein vorgenommen werden. Zu diesem Ende wird die Zeit des jährlichen Umlaufs der Sonne durch deren Länge von 0 γ vorgestellt, die wir $= x$ setzen wollen, und so wird $\int Z dx$ die verlangte Summe der Sonnenwärme $= v$ seyn. Nun ist (§. 592.)

$$Z = sp. \delta (\pi + 2 \varphi) + 2 \operatorname{cosp.} \operatorname{cos} \delta \operatorname{cos} \varphi.$$

Demnach

$$dv = sp. \delta \pi dx + 2 sp. \delta \varphi dx + 2 \operatorname{cosp.} \operatorname{cos} \delta \operatorname{cos} \varphi \cdot dx.$$

Es ist nun aber, wenn λ die Schiefe der Ecciptic vorstellt,

$$\delta = \lambda \cdot x$$

$$\varphi = tp \cdot \delta = \frac{tp \cdot \lambda \cdot x}{\sqrt{(1 - \lambda^2 \cdot x^2)}}$$

Und hieraus findet sich

$$dv = \pi \cdot sp. \lambda \cdot x \cdot dx$$

$$+ 2 \operatorname{cosp.} dx \left\{ \begin{array}{l} 1 + \frac{1}{2} \lambda^2 \cdot x^2 (-1 + tp^2) \\ + \frac{1}{2 \cdot 4} \lambda^4 \cdot x^4 (-1 + \frac{2}{3} tp^2 + \frac{1}{5} tp^4) \\ + \frac{1}{2 \cdot 4 \cdot 6} \lambda^6 \cdot x^6 (-1 + \frac{2}{3} tp^2 + \frac{2}{5} tp^4 + \frac{1}{7} tp^6) \\ + \frac{1 \cdot 3 \cdot 5}{2 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 8} \lambda^8 \cdot x^8 (-1 + \frac{2}{3} tp^2 + \frac{2}{5} tp^4 + \frac{2}{7} tp^6 + \frac{1}{9} tp^8) \\ \&c. \end{array} \right\}$$

§. 600.

Setzen wir hiesfür Kürze halber

$$dv = \pi \cdot sp. \lambda \cdot x \cdot dx$$

$$+ 2 \operatorname{cosp.} dx (1 + a x^2 + b x^4 + c x^6 + \&c.)$$

so daß

$$a = (-1 + tp^2) \cdot \frac{1}{2} \lambda^2$$

$$b = (-1 + \frac{2}{3} tp^2 + \frac{1}{5} tp^4) \cdot \frac{1}{8} \lambda^4$$

$$c = (-1 + \frac{2}{3} tp^2 + \frac{2}{5} tp^4 + \frac{1}{7} tp^6) \cdot \frac{1}{16} \lambda^6$$

$$d = (-1 + \frac{2}{3} tp^2 + \frac{2}{5} tp^4 + \frac{2}{7} tp^6 + \frac{1}{9} tp^8) \cdot \frac{1}{28} \lambda^8$$

&c.

genommen werde, so verwandelt sich die Reihe in folgende:

$$dv = \pi \cdot sp. \lambda \cdot x \cdot dx$$

$$+ 2 \operatorname{cosp.} dx \left\{ \begin{array}{l} 1 + \frac{1}{2} a \\ -\frac{1}{2} a \operatorname{cos} 2x \\ + \frac{1}{8} b \\ + \frac{1}{8} b \operatorname{cos} 4x \\ + \frac{1}{16} c \\ + \frac{1}{16} c \operatorname{cos} 6x \\ \&c. \end{array} \right\}$$

Nr 3

§. 601.

Und daraus folgt endlich

$$v = \pi. \text{sp. } f\lambda (1 - \cos x) \\ + 2 \text{ cosp. } \left[x + \frac{1}{2} a x + \frac{3}{8} b x + \frac{20}{32} c x + \frac{70}{256} d. x + \&c. \right] \\ - \frac{1}{4} a f 2x - \frac{4}{16} b f 2x - \frac{5}{4} c f 2x - \frac{56}{256} d. f 2x \\ + \frac{1}{32} b f 4x + \frac{6}{128} c f 4x + \frac{28}{312} d. f 4x \\ - \frac{1}{128} c f 6x - \frac{8}{768} d. f 6x \\ + \frac{1}{1024} d. f 8x$$

§. 602.

Für die Zeit von 0γ bis $0 \cong$ wird $x = \pi$. Und demnach die Summe der Sommerwärme

$$v' = 2 \pi. \text{sp. } f\lambda \\ + 2 \pi. \text{cosp. } (1 + \frac{1}{2} a + \frac{3}{8} b + \frac{5}{8} c + \frac{35}{128} d + \&c.)$$

§. 603.

Hingegen für das ganze Jahr wird $x = 2\pi$, demnach

$$v'' = 4 \pi \text{ cosp. } (1 + \frac{1}{2} a + \frac{3}{8} b + \frac{5}{8} c + \frac{35}{128} d + \&c.)$$

oder

$$v'' = 4 \pi. \text{cosp. } [1 + \frac{1}{4} f\lambda^2 (-1 + t p^2) \\ + \frac{3}{64} f\lambda^4 (-1 + \frac{2}{3} t p^2 + \frac{1}{3} t p^4) \\ + \frac{25}{256} f\lambda^6 (-1 + \frac{2}{3} t p^2 + \frac{2}{3} t p^4 + \frac{1}{3} t p^6) \\ + \frac{175}{16384} f\lambda^8 (-1 + \frac{2}{3} t p^2 + \frac{2}{3} t p^4 + \frac{2}{3} t p^6 + \frac{1}{3} t p^8) \\ + \&c.]$$

oder endlich

$$v'' = 4 \pi \text{ cosp. } [0,95909216 + 0,04226526. t p^2 \\ + 0,00048661. t p^4 \\ + 0,0002250. t p^6 \\ + 0,00000157. t p^8 \\ + 0,00000012. t p^{10} \\ + 0,00000001. t p^{12} \\ + \&c.]$$

§. 604.

Hieraus findet sich nun die Summe der Sonnenwärme:

Polhöhe.	im Sommer.	im Winter.	im ganzen Jahr.
unterm Aequator	6,02616	6,02615	12,05231
unterm Wendekreis	6,57011	4,57739	11,14750
45°	6,22041	2,68197	8,90238
unterm Polarkreis	5,30671	0,71647	6,02318
unterm Pole	5,00411	0,00000	5,00411

Die Summe der jährlichen Sonnenwärme unter diesen Polhöhen verhält sich demnach beynähe wie die Zahlen 12, 11, 9, 6, 5.

§. 605.

Die Summe für den Pol konnte durch diese Reihe nicht gefunden werden, weil daselbst c p unendlich groß ist. Man findet sie aber für sich ohne Mühe. Denn die Differentialgleichung

$dv = sp. \int \delta (\pi + 2\varphi) dx + 2 \cos p. \cos \delta. \cos \varphi. dx$
(§. 599.) kürzte sich unter dem Pol, wo $\varphi = \frac{1}{2} \pi$ gesetzt werden muß und $p = 90^\circ$ Grad ist, sehr ab, indem sie

$$dv = 2\pi. \int \delta. dx$$

oder

$$dv = 2\pi. \int \lambda. \int x. dx$$

wird, woraus

$$v = 2\pi. \int \lambda (1 - \cos x).$$

und für die Zeit von 0 γ bis $0 \pm$

$$v' = 4\pi. \int \lambda = 5,0041$$

folgt.

§. 606.

Für den Polarcircul kann die Rechnung ebenfalls abgekürzt und einfacher gemacht werden. Die Tageslänge oder eigentlich der halbe Tagbogen ist daselbst der geraden Aufsteigung, vom Wintercolur angerechnet, gleich. Oder welches einetley ist, es wird daselbst

$$\varphi = \alpha,$$

wenn α die gerade Aufsteigung von 0 γ angerechnet, vorstellt. Die Zu- und Abnahme der Tageslänge ist demnach daselbst das ganze Jahr durch gleich groß, und beträgt für jeden Monat 4 Stunden oder wöchentlich 55 Minuten. Das Gesetz der Continuität nimmt also hiebei eine ganz besondere Wendung. Der längste Tag nimmt so schnell ab, und der kürzeste so schnell zu, als jeder anderer Tag des Jahres. Für den Polarcircul haben wir demnach

$$\begin{aligned} \varphi &= \alpha \\ \cos \varphi &= \cos \alpha \\ p &= 90^\circ - \lambda \end{aligned}$$

$$dv = \cos \lambda. \int \lambda. \int x (\pi + 2\alpha). dx + 2 \int \lambda. \cos \delta. \cos \alpha. dx,$$

oder

$$dv = \cos \lambda. \int \delta. (\pi + 2\alpha). dx + 2. \int (\int \lambda^2 - \int \delta^2). dx,$$

Daraus folgt

$$v = -\cos \lambda (\pi + 2\alpha) \cdot \sqrt{f\lambda^2 - f\delta^2} \\ + \cos \lambda^2 \cdot \log. \frac{1 + f\delta}{1 - f\delta} \\ + 2f\delta \\ + \text{const.}$$

oder, wenn man für $\delta = -\lambda$, $v = 0$ setzt,

$$v = -\cos \lambda (\pi + 2\alpha) \cdot \sqrt{f\lambda^2 - f\delta^2} \\ + \cos \lambda^2 \log. \left[\frac{1 + f\delta}{1 - f\delta} \cdot \frac{1 + f\lambda}{1 - f\lambda} \right] \\ + 2f\delta - 2f\lambda$$

Nun ist für das halbe Jahr von $0 \text{ } \mathcal{Z}$ zum $0 \text{ } \mathcal{E}$, $\delta = +\lambda$. Demnach die halb-
jährige Sonnenwärme

$$\frac{1}{2} V = 2 \cos \lambda^2 \cdot \log. \text{tang.} (45^\circ + \frac{1}{2} \lambda) + 4f\lambda$$

oder für das ganze Jahr

$$V = 8 \cos \lambda^2 \cdot \log. \text{tang.} (45 + \frac{1}{2} \lambda) + 8f\lambda \\ = 6,0231828.$$

§. 607.

Wenn man die jährliche Sonnenwärme, so wie sie hier gefunden worden, durch 2π als die Zeit eines Jahres theilet, so erhält man die mittlere tägliche Sonnenwärme. Und theilt man diese noch ferner durch 2π als die Zeit eines Tages, (§. 586.) so erhält man die augenblickliche mittlere Sonnenwärme oder den Sinus der Höhe, welche die Sonne das ganze Jahr durch in einem fort haben müßte, um gleich viele Wärme mitzutheilen. Die Rechnung gibt nachstehenden Erfolg:

Polhöhe.	Mittlere tägliche Erwärmung.	Mittlere Augenbl. Erw.	Sonnenhöhe.
Äquator :	1,918184	0,30529	17. ^o 46'
Wendekreis :	1,774155	0,28237	16. 24
45. ^o : : :	1,416857	0,22550	13. 2
Polarcircul :	0,958620	0,15257	8. 47
Pol : : :	0,796410	0,12675	7. 17

§. 608.

Die bisher berechnete Menge der Sonnenwärme bezieht sich durchaus auf Ebenen von einerley Größe, die ich daher schlechtthin nur $= 1$ gesetzt habe. (§. 587.) Ich werde nun einen Fall vornehmen, wo auf die Fläche mit Rücksicht genommen werden muß. Es sey demnach die Menge der Wärme zu berechnen, welche die Sonne

Sonne der nördlichen Halbkugel der Erde das Jahr durch mittheilt. Hier nehme ich den Halbmesser der Erde = 1 zum Maasstabe für die Flächenräume an. Es sey demnach C der Pol, B A E der Aequator der Erde. Die Sonne sey in S, ³²Figur. ihre Abweichung S A = δ , so ist, wenn man aus S als einem Pole einen größten Circul der Sphäre B D zieht, der Raum ABDEA derjenige Theil der nördlichen Halbkugel, auf welchen die Sonne ihre Stralen wirft. Die Dichtigkeit derselben wird für jeden Punct P durch den Cosinus des Bogens S P ausgedrückt. (S. 590.) Setzt man demnach

$$\begin{aligned} P S A &= \omega \\ P S &= w \end{aligned}$$

so findet man die Summe der Wärme für jeden Augenblick, auf den unen dlich seyen Triangel p S P

$$dz = \frac{1}{2} f \omega^2 \cdot d w$$

Nun ist

$$\cos \omega = \cot w \cdot \tan \delta.$$

Und daraus ergibt sich

$$\begin{aligned} dz &= \frac{1}{2} f \delta^2 \cdot dt \omega: (1 + f \delta^2 \cdot t \omega^2) \\ z &= \frac{1}{2} f \delta \cdot \text{Arc. tang } (t \omega, f \delta) \\ &= \frac{1}{2} f \delta \cdot A P. \end{aligned}$$

Folglich für den ganzen Ausschnitt A B S E A

$$\frac{1}{2} \pi \cdot f \delta$$

und für den Ausschnitt S B D E S

$$\frac{1}{2} \pi,$$

Demnach für den ganzen beleuchteten Theil der nördlichen Halbkugel

$$Z = \frac{1}{2} \pi (1 + f \delta)$$

und für einen ganzen Tag

$$2 \pi Z = \pi^2 (1 + f \delta)$$

und endlich für das halbe Jahr von 0 Υ bis 0 \pm

$$2 \pi f Z dx = \pi^2 (\pi + 2 f \lambda) = 3,9380236 \cdot \pi^2$$

und für die andere Hälfte des Jahres

$$= \pi^2 (\pi - 2 f \lambda) = 2,3451616 \cdot \pi^2.$$

Diese Mengen verhalten sich sehr nahe, wie 5 zu 3 oder genauer, wie 42 zu 25.

Drittes Hauptstück. Die tägliche Sonnenwärme.

§. 609.

Im vorhergehenden Hauptstücke habe ich die Menge der Wärme berechnet, welche die Sonne sowohl täglich als jährlich einem beliebigen Orte der Erde mittheilt. Diese Rechnung hat in sofern ihre völlige Richtigkeit. Sie klärt aber die Art, wie und wieviel die Erde dadurch erwärmt wird, nicht auf. Dazu gehören Betrachtungen von ganz anderer Art. Ich habe nun schon vorher (§. 583.) gesagt, daß nicht alle Sonnenwärme bis zur Erde gelangt, indem die Luft und oft auch Wolken einen beträchtlichen Theil auffangen, und daß es schon viel seyn wird, wenn wir, ohne allzumerklichen Fehler werden annehmen können, daß die Wärme, so die Erde wirklich von der Sonne erhält, derjenigen, die sie ohne solche Hindernisse würde erhalten können, wenigstens proportional sey. Dieses kann nun nicht wohl anders als aus dem Erfolge entschieden werden. Ich werde demnach diese Voraussetzung als den einfachsten Fall zum Grunde legen.

§. 610.

Die Wärme, welche die Erde von der Sonne erhält, zieht sich in dieselbe hinein, und schon aus diesem Grunde wird sie an der Oberfläche schwächer als sie sonst seyn würde. Es geht nun hingegen auch von der Wärme, so die Oberfläche hat, immer ein Theil durch die Luft in die Höhe, wo sie sich, so zu sagen, verliert. Dieser Abgang dauert Tag und Nacht in einem fort, und ist desto stärker, je wärmer die Erdoberfläche ist, je kürzer die Tage und je länger die Nächte sind.

§. 611.

Ich habe ferner oben (§. 578 — 581.) schon angemerkt, daß, was von dieser durch die Luft weggehenden Wärme der Grundwärme der Erde zuzuschreiben, wegen des immer gleichen Ersatzes lange Zeiten durch beständig bleibt. Es ist daher in sofern unnötig darüber Rechnung zu tragen, wo nur die von der Sonne herrührende Veränderungen zu betrachten sind. Die Sonne theilt der Erde Wärme mit. Von dieser ist also die Frage, wie sie nach und nach wieder weggeht. In dieser Absicht, sagte ich, daß der abgehende Theil dem wirklich vorhandenen proportional sey, und da ist es wenigstens in Absicht auf die tägliche Erwärmung gleich viel, ob sie in die Luft geht oder sich in die Tiefe zieht. Hier ist nur von der Wärme an der Oberfläche die Rede.

§. 612.

Es sey nun alles, wie im §. 591., so ist
 $cofa, da = cofe. cofc. da + fe. fc. cofa. da.$

Die in dem Zeittheilchen $d\omega$ zufließende Sonnenwärme. Die bereits vorräthige werde durch y angedeutet, und man setze die Erkältungs-Substante $= \gamma$, so ist

$$\frac{y d\omega}{\gamma}$$

der in eben dem Zeittheilchen $d\omega$ abgehende Theil. Die Veränderung wird demnach

$$dy = \text{cose. cose. } d\omega + \text{se. sc. } \text{cose. } d\omega - \frac{y d\omega}{\gamma}$$

seyn, woraus

$$y = \gamma \cdot \text{cose. cose.} + \frac{\gamma\gamma}{1 + \gamma\gamma} \cdot \text{se. sc. } \omega + \frac{\gamma}{1 + \gamma\gamma} \cdot \text{se. sc. } \text{cose. } \omega + A \cdot e^{-\omega/\gamma}$$

gefunden wird, woben A die nach der Integration addirte, beständige Größe ist. Diese kann so bestimmt werden, daß bey Ausgange der Sonne $y = 0$ sey. Als dann ist aber $\omega = -(\frac{1}{2}\pi + \varphi)$. Wir erhalten demnach

$$y = \gamma \text{ cose. cose.} + \frac{\gamma}{1 + \gamma\gamma} \text{ se. sc. } [\omega + \text{cose. } \omega] - \left[\gamma \text{ cose. cose.} - \frac{\gamma}{1 + \gamma\gamma} \text{ se. sc. } (\gamma \text{ cose. } \varphi + \text{sc. } \varphi) \right] \cdot e^{-(\frac{1}{2}\pi + \varphi + \omega)/\gamma}$$

§. 613.

Man setze $\gamma = \cot x$, so verwandelt sich diese Formel in

$$y = \cot x \cdot \text{cose. cose.} + \text{cose. se. sc. } f(x + \omega)$$

$$- [\cot x \cdot \text{cose. cose.} - \text{cose. se. sc. } f(x + \varphi)] \cdot e^{-(\frac{1}{2}\pi + \varphi + \omega) \cdot \cot x}$$

oder wenn wir p, δ anstatt e, c setzen in

$$y = \cot x \cdot \text{sp. } f \delta + \text{cose. } \text{cosp. } \text{col} \delta \cdot f(x + \omega)$$

$$- [\cot x \cdot \text{sp. } f \delta - \text{cose. } \text{cosp. } \text{col} \delta \cdot f(x + \varphi)] \cdot e^{-(\frac{1}{2}\pi + \varphi + \omega) \cdot \cot x}$$

§. 614.

Hiebey ist nun noch der Werth von $\gamma = \cot x$ zu bestimmen. Dazu mag nun die Zeit der größten Tageswärme am dienlichsten seyn. Es ist bekannt genug, daß diese Zeit nicht die Mittagsstunde selbst ist, sondern später eintritt, und zwar bey längern Tagen später als wenn die Tage kürzer sind. In den längsten Sommertagen fällt sie ziemlich auf 3 Uhr Nachmittags. Im Winter trifft sie früher ein, und zwar desto früher, je früher die Sonne untergeht. Geht die Sonne z. E. um 4 Uhr unter, so wird diese Zeit so ziemlich gegen 2 Uhr Nachmittags seyn, und an den 12 Stunden langen Tagen auf $2\frac{1}{2}$ Uhr treffen. Ich

werde, um die Rechnung abzukürzen, diese Tage wählen, und demnach $\delta = \varphi = 0$, $c = 90^\circ$ setzen. Dadurch verwandelt sich die Formel (S. 612.) in folgende einfachere:

$$y = \frac{7}{1+77} \cdot \text{cosp.} [7 \sin \omega + \cos \omega] + \frac{77}{1+77} \cdot \text{cosp.} e^{-\left(\frac{1}{2} \pi + \omega\right)} : 7$$

Nun soll y ein Maximum seyn, indem ω veränderlich ist. Diese Bedingung gibt die ganz einfache Gleichung

$$e^{-\left(\frac{1}{2} \pi + \omega\right)} : 7 = 7 \cos \omega - \sin \omega,$$

welche von der Polhöhe ganz unabhängig ist. Nun ist π die Zeit von 12 Stunden, $\omega = 2\frac{1}{2}$ St. $= 37^\circ 30' = \frac{3}{4} \pi$. Demnach

$$e^{-2,2253} : 7 = 0,79335 - 0,60876.$$

Hieraus findet sich $7 = 0,926 = 3,53$ Stunden.

S. 615.

Da die Zeit, wenn die Tageswärme am größten ist, nicht leicht genau bestimmt werden kann, so habe ich eben diese Rechnung für $\omega = 3$ St. $= 45^\circ = \frac{1}{4} \pi$ vorgenommen, und den Werth $7 = 1,13 = 4,32$ St. gefunden. Ich werde demnach ein Mittel nehmen und $7 = 1$ setzen, weil dabei eben nicht viel wird gefehlt seyn, die Rechnung aber dadurch abgekürzt wird.

S. 616.

Setzen wir demnach $7 = 1$, so wird $\tan z = \cot z = 1$, und $z = \frac{1}{4} \pi = 45^\circ$. Dadurch verwandelt sich die Formel (S. 613.) in folgende:

$$y = \text{sp.} \sin \delta + \text{cosp.} \cos \delta \cdot f(45^\circ + \omega) \cdot \sqrt{\frac{1}{2}} - [\text{sp.} \sin \delta - \text{cosp.} \cos \delta \cdot f(45^\circ + \varphi) \cdot \sqrt{\frac{1}{2}}] e^{-\left(\frac{1}{2} \pi + \varphi + \omega\right)}$$

Hiebei ist nun

$$\text{sp.} \sin \delta = \frac{1}{2} f(e + \delta) - \frac{1}{2} f(e - \delta) \\ \text{cosp.} \cos \delta = \frac{1}{2} f(e + \delta) + \frac{1}{2} f(e - \delta)$$

Das ist also die halbe Differenz und halbe Summe der Mittags- Sonnenhöhe und Mitternachts- Sonnentiefe.

S. 617.

Die Formel kann nun auch folgendermaßen vorgestellt werden:

$$\frac{y \sqrt{2}}{\text{cosp.} \cos \delta} = f \varphi \cdot \sqrt{2} + f(45^\circ + \omega) - (f 45^\circ - \varphi) \cdot e^{-\left(\frac{1}{2} \pi + \varphi + \omega\right)}$$

Man sieht hieraus ohne Mühe, daß das zweite Glied = 0 wird, wenn $\varphi = 45^\circ$ und folglich der Tag von 18 Stunden ist. Alsdann hat man schlechthin

$$\frac{y \sqrt{2}}{\cos \varphi \cdot \cos \delta} = 1 + f(45^\circ + \omega)$$

Und daraus folgt, daß die Tageswärme Nachmittags um 3 Uhr am größten ist. Die Art, wie sie vom Sonnenaufgange an zunimmt, ist folgende:

Zeit.	y	}	multipliziert mit $\cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \sqrt{\frac{1}{2}}$.
3 St. V. M.	0		
6	$1 - \sqrt{\frac{1}{2}}$		
9	1		
12	$1 + \sqrt{\frac{1}{2}}$		
3 St. N. M.	2		
6	$1 + \frac{1}{2}$		
9	1		

Die Wärme nimmt also an den 18 St. langen Tagen Morgens um 9 Uhr am schnellsten zu. Nachmittags um 3 Uhr ist sie am größten, und Abends um 9 Uhr bey Sonnen-Untergang noch eben so groß als sie Morgens um 9 Uhr war. Diese noch übrige Wärme erkaltet die Nacht durch logarithmisch. Und da die Länge der Nacht von 6 Stunden demnach $= \frac{1}{2} \pi$ ist, so nimmt sie in Verhältniß von 1 zu

$$e^{-\pi} : 27$$

ab und ist demnach des folgenden Morgens bey Sonnen-Aufgang nur noch

$$0,2079 \cdot \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \sqrt{\frac{1}{2}}$$

Das ist etwa $\frac{1}{10}$ der größten Nachmittagswärme.

§. 618.

Die Formel nimmt endlich noch folgende Gestalt an:

$$\frac{2y}{\cos \varphi \cdot \cos \delta} = 2 \cos \varphi + \cos \omega + \sqrt{2} \cdot f(45^\circ - \varphi) \cdot e^{-\left(\frac{1}{2} \pi + \varphi + \omega\right)}$$

welche zur Berechnung sehr bequem ist. Ich habe nach derselben für verschiedene Tageslängen folgende Tafel berechnet:

Werthe von $\frac{2y}{\cos p. \cos \delta}$

Tageslängen in Stunden.

Tagesstunden.	6	8	10	12	14	16	18
3 Morgen							0,0000
4						0,0000	0,0482
5					0,0000	0,0572	0,1895
6				0,0000	0,0624	0,2172	0,4142
7			0,0000	0,0633	0,2302	0,4602	0,7071
8		0,0000	0,0620	0,2275	0,4749	0,7629	1,0482
9	0,0000	0,0524	0,2093	0,4572	0,7007	1,0993	1,4142
10	0,0413	0,1760	0,4084	0,7183	1,0756	1,4426	1,7802
11	0,1322	0,3317	0,6209	0,9785	1,3726	1,7661	2,1213
Mittag.	0,2324	0,4812	0,8147	1,2091	1,6315	2,0454	2,4142
1	0,3203	0,5954	0,9632	1,3858	1,8301	2,2697	2,6390
2	0,3356	0,6516	1,0456	1,4901	1,9512	2,3930	2,7802
3	0,2956	0,6342	1,0485	1,5102	1,9839	2,4330	2,8284
4		0,5355	0,9655	1,4397	1,9238	2,3800	2,7802
5			0,7973	1,2815	1,7733	2,2371	2,6390
6				1,0437	1,5414	2,0095	2,4142
7					1,2451	1,7144	2,1213
8						1,3717	1,7802
9							1,4142

Jede Columne fängt bey der Stunde an, da die Sonne aufgeht und endigt sich mit Untergang der Sonne. Die alsdann noch rückständige Wärme verliert sich die Nacht durch nach den Ordinaten einer logarithmischen Linie, deren Subtangente = 1 ist, und für deren Abscissen π 12 Stunden vorstellt. Die Zahlen der Tafel müssen mit

$$\frac{1}{2} \cos p. \cos \delta$$

multipliziert werden, wenn man y selbst haben, und demnach den Erfolg von einersley Tageslängen unter verschiedenen Polhöhen miteinander vergleichen will.

§. 619.

Wenn man sich von der Art, wie die Wärme vom Aufgange der Sonne bis Nachmittags zu, und von da an wieder abnimmt, einen klaren Begriff ma-

Man will, so gelangt man am besten dazu, wenn man die Zahlen vorstehender Tafel als Ordinaten einer krummen Linie zeichnet, und für die Nachtstunden die erst erwähnte logarithmische Linie beifügt. Dieses habe ich in der 33sten Figur 33. Figur. für die Tageslänge von 16 Stunden gethan. Der Anfang der Erwärmung trift auf 4 Uhr des Morgens, da die Sonne aufgeht. Die größte Wärme B b in B etwas vor 3 Uhr. Um 8 Uhr bey C hört, wegen des Unterganges der Sonne, die Erwärmung auf, und die noch übrige Wärme C c nimmt die Nacht durch nach den Ordinaten der logarithmischen Linie c d ab, so daß sie des folgenden Morgens noch D d ist.

§. 620.

Dieses findet nun statt, sofern wir in der Rechnung nur eine Erklärungs-Subtangente, und zwar diejenige gebraucht haben, welche für die tägliche Erwärmung und Erkältung eigentlich zu gebrauchen ist, wenn man von allen geringen Abweichungen abstrahirt und voraussetzt, daß die Sonne den ganzen Tag über helle scheine und die Luft windstill sey. Es ist nun aber die Wärme, die sich in die Erde zieht, eigentlich nicht verloren, sondern sie zieht sich an den kältern Tagen wieder herauf und dient den Abgang der Sonnenwärme zu ersetzen. Die jährliche Erwärmung und Erkältung hängt daher ganz davon ab. Es kömmt daher allerdings noch die jährliche Erklärungs-Subtangente vor, und diese macht, daß die Abscissenlinie A D, welche ich gerade gezogen habe, nicht ganz gerade, sondern der $\frac{1}{3}$ Theil derjenigen krummen Linie ist, deren Ordinaten die jährliche Veränderung der Wärme für eben die Polhöhe vorstellen. Dieses macht, daß der Punct d nach der Verschiedenheit der Jahreszeit höher oder tiefer fällt als er in der Figur gezeichnet, und zwar nachdem sich die Linie A D herauf- oder herunterzieht.

§. 621.

Bei der hier angegebenen Rechnung habe ich alle zufällige Ursachen von der Aenderung der Wärme bey Seite gesetzt. Sie geht daher eigentlich nur auf helle und windstille Tage, dergleichen selten mehrere auf einander folgen. Wenn in dessen der Himmel nur mit Wolken bedeckt und die Luft stille ist, so habe ich bereits oben angemerkt, daß die Erde dessen unerachtet von Morgen bis Nachmittag wärmer wird, und von da an wieder etwas erkaltet. Die Aenderung trägt aber mehrentheils nur $\frac{1}{3}$ dessen aus, was sie bey ganz hellen und windstillen Tagen thun würde. Die vom Regen, Thau, Reif, Schnee, Hagel, Wind ic. herrührenden Veränderungen, sind allzu irregulär, als daß sie anders als ihrer gemeinen Summe nach und bey der jährlichen Veränderung der Wärme in Betrachtung kommen könnten. Regen und Winde können sowohl kalt als warm seyn. Sie sind es aber mehrentheils nur beziehungsweise. Die schwüle Sommerhitze wird mehrentheils durch Regen und Gewitter abgekühlt, und zwar desto mehr, je näher man bey dem Orte ist, wo es regnet oder wittert. Die daher entstehende Ab-

Kälte breitet sich weit herum aus, weil die Wärme sich in der Luft sehr schnell gegen die kältere Dörter zieht. (S. 346.) Kommt aber nach kaltem Wetter, Regen mit einem warmen Winde, so nimmt die Kälte ab. Und dieses geschieht fürnehmlich im Winter, wenn nach vorgegangenem Froste Thauwetter einfällt. Es geschieht dann auch, daß ein anfängender Regen in Schnee ausartet, wenn nemlich der Regen die Erdofläche genug erkaltet, daß der Schnee nicht im Herunterfallen schmelzen kann. Der Regen ist mehrentheils ein geschmolzner Schnee.

S. 622.

Von aufeinanderfolgenden ganz hellen und windstillen Tagen habe ich 1751 vom 13ten bis zum 17ten Jul. fünf unter meinen zu Thur angestellten Wetterbeobachtungen, wo ich das Steigen und Fallen des Reaumur'schen Thermometers jeden Tag sehr oft aufzeichnete. Das Thermometer hing in einem Cabinet, welches gegen Süden und gegen Westen ein offengelassenes Fenster hatte. Die Sonne schien von Morgen um 9 Uhr bis Nachmittags um 5 Uhr erst durch das eine, und dann durch beyde, endlich nur durch das andere Fenster hinein, ohne jedoch auf das Thermometer zu treffen. Die Luft hatte also im Cabinette wenigstens eben die Wärme als in dem anstoßenden Garten, über dessen Boden das Cabinet nur etwa 4 Fuß erhöht war. Das Thermometer stieg und fiel folgendermaßen.

℞	St.	Gr.	℞	St.	Gr.	℞	St.	Gr.	℞	St.	Gr.															
12.	10.	℞.	18,	0	13.	4.	℞.	19,	6	14.	7.	℞.	19,	0	16.	10.	℞.	18,	2							
13.	7 $\frac{3}{4}$.	℞.	12,	3	5	19,	3	10	17,	2	11	19,	0	8	12,	6	6 $\frac{3}{4}$	18,	0							
8	12,	6	9 $\frac{1}{4}$	14,	1	10	16,	6	8	15,	3	4	22,	0	9	13,	8	9 $\frac{1}{2}$	16,	7						
9	13,	8	10	16,	6	8	15,	3	9	16,	0	5	21,	8	9 $\frac{1}{4}$	14,	1	3	22,	2						
10	15,	2	14.	7.	℞.	13,	0	9	16,	0	6	21,	7	10	16,	4	8	13,	9							
11	16,	4	8	13,	9	10	17,	3	10	17,	3	6	21,	7	11 $\frac{1}{4}$	16,	7	9	15,	1						
11 $\frac{1}{4}$	16,	7	9	15,	1	11	17,	9	11	17,	9	8	20,	5	12	17,	5	10	16,	0						
12	17,	5	10	16,	0	1.	℞.	19,	9	10	19,	0	10	19,	0	12 $\frac{1}{2}$	17,	9	11	17,	1					
12 $\frac{1}{2}$	17,	9	11	17,	1	3	21,	1	3	21,	1	7	16,	2	17.	6.	℞.	16,	0	12	18,	2				
1.	℞.	18,	2	12	18,	0	4	20,	9	4	20,	9	7	16,	2	1 $\frac{1}{2}$	18,	3	1.	℞.	18,	6				
1 $\frac{1}{2}$	18,	3	1.	℞.	18,	6	6	20,	5	6	20,	5	10	17,	8	2	18,	4	3	19,	9	3	19,	3		
2	18,	4	3	19,	9	10	18,	4	10	18,	4	12	20,	3	2	18,	4	3	19,	9	3	19,	3	2 $\frac{1}{2}$	19,	1
2 $\frac{1}{2}$	19,	1	4	19,	8	16.	7.	℞.	14,	5	3.	℞.	22,	1	3	19,	1	4	19,	8	5	19,	7	3	19,	3
3	19,	3	5	19,	7	8	16,	0	8	16,	0	10	19,	9	3 $\frac{1}{2}$	19,	7	6	19,	5	9	17,	2	3	19,	3
3 $\frac{1}{2}$	19,	7	6	19,	5	9	17,	2	9	17,	2	&c.	&c.		3 $\frac{1}{2}$	19,	7	6	19,	5	9	17,	2	&c.	&c.	

Diese

Diese sehr schöne Witterung dauerte noch einige Tage fort. Es war aber den 13ten windigt, den 19ten wurde die Sonne zuweilen mit Wolken bedeckt. Es mag auch wohl in der Ferne geregnet haben. Denn den 20sten Abends um 10 Uhr stund das Thermometer auf dem 16ten Gr., und den 21sten Morgens um 6 $\frac{1}{2}$ Uhr bey 12, 3 Grad, demnach wieder so tief als Anfangs den 13ten. Den 22sten trafen endlich Wolken und Regen ein. Diese schöne Witterung war damals desto angenehmer, da in den 5 vorhergehenden Monaten in allem nicht 20 schöne Tage gewesen waren. Dieses ist auch der Grund, warum das Thermometer während den 5 Tagen, von Tag zu Tag merklich höher stund. Denn die größte Wärme war, den letzten Tag allein ausgenommen.

Den 13ten	:	:	:	:	19, 7
— 14.	:	:	:	:	19, 9
— 15.	:	:	:	:	21, 1
— 16.	:	:	:	:	22, 2
— 17.	:	:	:	:	21, 1

Daß die größte Wärme eher nach als vor 3 Uhr einfiel, davon muß der Grund darinn gesucht werden, daß die Sonne erst des Morgens um 7 Uhr über die Berge empor stieg, und erst gegen 9 Uhr anfing in das Cabinet zu scheinen.

§. 623.

Diese zween Umstände machen nun, daß ich diese Beobachtungen eben nicht als einen Probirstein der vorhin angegebenen Rechnungen ansehen kann. Man sieht aber ohne Mühe, daß sie einen doppelten Erfolg haben müssen. Denn die Sonne hatte um 7 Uhr schon eine ziemliche Höhe. Sie stieg daher als sie hinter dem Berge hervor kam, mit voller Macht an, den Boden zu erwärmen. Dieses macht nun, daß sich die Linie A b c d von A bis f sehr wenig, von f an aber sehr schnell aufwärts ziehen muß. Sodann da die Stadt nach dem wahren Aufgange der Sonne noch 3 Stunden lang im Schatten des Berges lag, blieb der Boden und die Luft während der Zeit kühler. Dieses macht die größte Tageswärme geringer und verspätiget die Zeit da sie eintraf. Man kann beides aus der Rechnung herleiten, wenn man in der Integralsformel (§. 512.) die beständige Größe so bestimmt, daß $y = 0$ sey, wenn $\omega = -\frac{1}{2}\pi$ ist. Man kann sich aber auch durch eine ganz leichte Betrachtung davon versichern. Denn die Wärme ist am größten, wenn $d y = 0$ ist, und folglich die Wärme, so die Erde in einem Zeittheilchen $d \omega$ von der Sonne erhält, derjenigen gleich ist, die sie in eben dem Zeittheilchen verliert. Nun ist diese letztere, der wirklich vorhandenen Wärme proportional, und demnach zugleich mit derselben in dem hier vorkommenden Fall geringer. Also muß auch erstere geringer seyn. Dieses fordert aber eine geringere Sonnenhöhe, und demnach, da die Zeit Nachmittag ist, eine spätere Zeit. Dann aber neigt sich die Sonne schneller, und so muß das Maximum auch wiederum schneller abnehmen.

§. 624.

34. Figur. Ich habe nun den Gang des Thermometers den Beobachtungen gemäß in der 34sten Figur gezeichnet, das nächtliche Fallen desselben durch Punkte angedeutet. Man sieht daraus mit einem Anblicke, daß in der That diese 5 Tage über die Erde sehr regulär erwärmt wurde. Und die krumme Linie weicht, zumal in den 4 ersten Tagen von der in der 33sten Figur gezeichneten gerade so ab, wie es die erst angeführten Umstände erfordern. Die kleinern Ungleichheiten zeigen nun an, daß sie auch bey der regulärsten Witterung statt finden. Die Linien A B, C D, welche nach den niedrigsten und höchsten Stande des Barometers gezogen sind, ziehen sich hier stark aufwärts. Es rühret dieses fürnehmlich von der vorhergegangenen trüben und kalten Witterung her. (§. 623.) Denn da die Erde wenig Wärme hatte, so konnte sie auch nicht stark erkälten, und so häufte sich während diesen 5 hellen Tagen die Wärme sehr merklich auf. Man sieht übrigens sowohl aus der Figur als aus den Beobachtungen selbst, (§. 622.) daß die tägliche Veränderung der Wärme etwa 7 Reaumur'sche Grade betrug. Und hieraus läßt sich der Schluß machen, was die Zahlen der Tafel, (§. 618.) wenn sie durch $\frac{1}{2} \cos p. \cos d$ multiplicirt werden, bedeuten. Thur liegt unter der Polhöhe von $46^{\circ}. 50'$. Den 13ten Jun. 1751. war nach den Zanottischen Ephemeriden die Abweichung der Sonne $23^{\circ}. 15'$ nördlich, demnach $\varphi = 27^{\circ}. 16'$ und die Tageslänge 15 St. 38'. Dieses gibt vor 3 Uhr Nachmittags die entsprechende Zahl aus bemeldter Tafel = 2,3530, welche mit $\frac{1}{2} \cos p. \cos d. = 3,1428$ multiplicirt 7,3950 gibt. Da dieses Product nun so viel als 7 Reaumur'sche Grade, auch wohl etwas mehr (§. 623.) vorstellt, so erhellet, daß die Zahlen der Tafel, mit $\frac{1}{2} \cos p. \cos d.$ multiplicirt, solche Producte geben, deren Einheiten so ziemlich 10 Reaumur'sche Grade betragen. Es wird aber hiebey vorausgesetzt, daß die tägliche Erwärmung der Erde schlechthin nur von der Sonne herrühre, ohne daß Winde, Regen ic. etwas daran ändern. Denn sonst kann sie sowohl größer als kleiner sey.

§. 625.

Niebuhr giebt in seiner Reisebeschreibung an, wie er zu Lohëia und zu Sanâ in Arabien, die Höhe des Fahrenheit'schen Thermometers für einzelne Stunden aufgezeichnet habe. Und sagt, man werde daraus sehen können, wie gleichförmig es daselbst täglich steige und wieder falle. Seine Beobachtung zu Lohëia unter der nördlichen Polhöhe von $15^{\circ}. 42'$ ist vom 25sten Jan. 1763, wo demnach die Mittagshöhe der Sonne von $55\frac{1}{2}$ Gr., $\varphi = -5\frac{1}{2}$ Gr. und die Tageslänge von $11\frac{2}{3}$ Stunden war. Er fand das Thermometer

25sten Jan.	6 Uhr, Morgens	: : 74 $\frac{1}{2}$
	7 : : : : :	75
	8 : : : : :	77
	9 : : : : :	80 $\frac{1}{2}$
	10 : : : : :	82
	11 : : : : :	83
	12 : : : : :	83 $\frac{1}{2}$
	1 Abends	: : : : 84
	2 : : : : :	84
	5 : : : : :	83
	6 : : : : :	80 $\frac{1}{2}$
	7 : : : : :	80
	9 : : : : :	80
	10 : : : : :	80
	11 : : : : :	79 $\frac{1}{2}$
26sten Jan.	7 Uhr, Morgens	: : 78

Das Thermometer stieg also unter Tagen ganz ordentlich, aber von 6 Uhr Abends bis 11 Uhr, und die ganze Nacht durch fiel es allzu wenig, und dieses ist eine Anzeige, daß zufällige Ursachen den Gang desselben müssen verändert haben. Sana liegt unter 15°. 21' nördlicher Polhöhe. Niebuhr beobachtete den Gang des Thermometers daselbst den 18ten Jul. 1763, wo demnach die Mittagshöhe oder vielmehr die Nordhöhe im Mittage der Sonne 84 $\frac{1}{2}$ Gr. $\varphi = + 6$ Gr. und die Tageslänge 12 $\frac{1}{2}$ St. war. Er fand das Thermometer

18ten Jul.	6 Uhr, Morgens	: 58 Gr.
	7. 30'	: : : : 61
	8. 45	: : : : 67
	9. 30	: : : : 71 $\frac{1}{2}$
	10. 45	: : : : 74 $\frac{1}{2}$
	1. 0 Abends	: : 76 *
	3. 0	: : : : 80
	3. 45	: : : : 78 $\frac{1}{2}$
	4. 45	: : : : 76
	6. 0	: : : : 73 $\frac{1}{2}$
	7. 0	: : : : 72
	8. 30	: : : : 68
	10. 0	: : : : 67
19ten Jul.	6. 0 Morgens	: : 58 $\frac{1}{2}$

Hier wird für 1 Uhr N. M. 79 Gr. anstatt 76 müssen gelesen werden. Und dann sind alle Beobachtungen sehr regulär. Sana mag etwas hoch liegen, da hier das Thermometer im höchsten Sommer des Morgens beim 58sten Fahrenheit'schen Grad stand, und des Mittags nur bis zum 80sten Gr. stieg. Tribuhr sagt übrigens, er habe das Thermometer des Mittags in einem offenen Zimmer, des Morgens und Abends aber vor demselben in freier Luft gehabt. Dieses mag es aufklären, warum dasselbe nach 3 Uhr ziemlich schnell fiel, und des Vormittags nach 10 Uhr schon anfangs merklich langsamer zu steigen.

§. 626.

Da die Sonne Körper von dunklerer Farbe mehr erwärmt als Körper von lichtern Farben, (S. 280.) so hat dieses einigen Einfluss auf die Tageswärme. Es wird ferner das Wasser von der Sonne weniger erwärmt als die Erde, und der mit Gras, Korn, Bäumen beschattete Boden weniger als das bloße Erdreich, endlich auch dieses weniger als durrer Sand und Felsensteine. Solche Umstände haben nun ihren Einfluss auf die Anfangs (S. 612.) zum Grunde gelegte Differenzialformel. Sie wird daher mittelst eines Coefficienten n folgendermaßen allgemeiner

$$d y = n \operatorname{cose.} \operatorname{cose.} d \omega + n \operatorname{se.} \operatorname{sc.} \operatorname{cose.} d \omega - \frac{y d \omega}{7}$$

Hier richtet sich nun n nach dem Grade der Erwärmbarkeit des Bodens. Dieser Coefficient ändert übrigens die Rechnung nicht. Denn setzt man $y = n, \eta$, so erhält man

$$d \eta = \operatorname{cose.} \operatorname{cose.} d \omega + \operatorname{se.} \operatorname{sc.} \operatorname{cose.} d \omega - \frac{\eta d \tau}{7}$$

eine Gleichung, welche mit der Anfangs zum Grunde gelegten einerley Form hat. Das will also sagen, daß die Wärme den ganzen Tag über in Verhältniß von 1 zu n größer oder kleiner ausfällt, als sie nach der vorhergehenden Rechnung, wo $n = 1$ ist, gefunden wird. Und dieses will hinwiederum sagen, daß man für $y = 1$ nicht 10, sondern $10 n$ Reaumur'sche Grade sehen müsse. (S. 624.)

§. 627.

Will man hingegen darauf Rücksicht nehmen, daß der Boden nach seiner verschiedenen Beschaffenheit die Wärme schneller oder langsamer verliert, wozu feuchte oder trockene, dichtere oder dünnere Luft, so wie auch der Wind beitragen kann, so sind dieses Umstände, nach welchen die Erkältungs Subtangente 7 ihren Werth ändert. Ich habe, Kürze halber, $7 = 1$ gesetzt. Wenn aber solche Veränderungen mit in die Rechnung kommen sollen, so muß man entweder 7 wenigstens für einen Tag lang beständig setzen, und dann dient die allgemeine Formel, (S. 612.) oder wenn 7 sich augenblicklich ändert, so muß wenigstens das Gesetz

der Aenderung bekannt seyn, und dann mag es sich zeigen, ob die Differentialformel (§. 612.) sich integriren läßt.

Viertes Hauptstück.

Die jährliche Sonnenwärme überhaupt.

§. 628.

In vorhergehenden Hauptstücke betrachtete ich diejenige Sonnenwärme, die sich in die Erde hineinzieht, in Absicht auf die tägliche Erwärmung der Oberfläche, als verloren (§. 612.) merkte aber doch (§. 620.) an, daß die jährliche Erwärmung und Erkältung der Erde ganz davon abhängt, weil diese Wärme sich im Sommer in der Erde aufhäuft, und dazu dient den Mangel der Sonnenwärme im Winter einigermaßen zu ersetzen. Die Sommertage werden dadurch weniger warm, dagegen aber auch die Wintertage weniger kalt als sie ohne eine solche Deregulation der Wärme seyn würden.

§. 629.

Wir können nun überhaupt annehmen, daß sich jeden Tag destomehr Wärme in die Erde zieht, je mehr die Sonne der Oberfläche mittheilt. Es ist also die sich jeden Tag in die Erde ziehende Wärme der Menge der täglichen Sonnenwärme proportional. Diese Proportionalität ist aber wegen der zufälligen Hindernisse, dergleichen Wolken, Regen, Schnee 2c. nicht wenig veränderlich. Und dieses macht, daß jedes Jahr seinen eigenen Wechsel von Wärme und Kälte hat. Wenn wir aber auf das Mittel von mehreren Jahren sehen, so läßt sich allerdings eine mittlere Proportion feste setzen. Die Rechnung wird dadurch einfacher, und auf die Irregularitäten läßt sich nachgehends besonders Rücksicht nehmen. Die Grundwärme kann hier ebenfalls, und aus eben den Gründen, wie im vorhergehenden Hauptstücke (§. 611.) aus der Rechnung wegbleiben. Sie ist eine eigene Quelle von Wärme die Jahrhunderte durch beständig ist. Hier ist von der jährlichen Abwechslung die Rede, die von der Sonne herrührt.

§. 630.

Nach dem §. 599. würde nun für jedes Zeittheilchen $d x$, die Zunahme der jährlichen Wärme

$$d v = \pi \operatorname{sp} \operatorname{fd} . d x + 2 . \operatorname{sp} . \operatorname{fd} . \Phi d x + 2 \operatorname{cosp} . \operatorname{cos} \delta . \operatorname{cos} \Phi d x$$

seyn, wenn wir, wie es daselbst geschehen, nur die ganze Summe berechnen wollten. Hier ist aber von der wirklich übrigbleibenden Wärme die Rede, und so muß

abgezogen werden, was wegen der Erkältung abgeht. Dieser abzuziehende Theil kann nun durch

$$\frac{v \, dx}{\theta}$$

vorge stellt werden, denn er ist in gerader Verhältniß der vorräthigen Wärme v und in umgekehrter Verhältniß der jährlichen Erkältung: Subtangente, die ich durch θ ausdrücke. Wir haben demnach eigentlich

$$dv = \pi \, sp. \, f\delta. \, dx + 2 \, sp. \, f\delta. \, \phi \, dx + 2 \, \text{cosp.} \, \text{cof}\delta. \, \text{cof}\phi. \, dx - \frac{v \, dx}{\theta}$$

$$f\delta = f\lambda. \, fx$$

$$f\phi = t \, p. \, t \, \delta = \frac{t \, p. \, f\lambda. \, fx}{\sqrt{(1 - f\lambda^2. \, fx^2)}}$$

§. 631.

Sehen wir hier Kürze halber

$$dv = q \, dx - \frac{v \, dx}{\theta}$$

so ist

$$v. e^{x:\theta} = f(e^{x:\theta} \, q \, dx) + \text{Const.}$$

und (§. 600.)

$$q = \pi. \, sp. \, f\lambda. \, fx + 2 \, \text{cosp.} \left\{ \begin{array}{l} 1 + \frac{1}{2} a \quad + \frac{5}{8} b \quad + \frac{35}{32} c \quad + \&c. \\ -\frac{1}{2} a \, \text{cof.} \, 2x - \frac{4}{8} b \, \text{cof.} \, 2x - \frac{15}{32} c \, \text{cof.} \, 2x \\ + \frac{1}{8} b \, \text{cof.} \, 4x + \frac{5}{32} c \, \text{cof.} \, 4x \\ + \frac{1}{32} c \, \text{cof.} \, 6x \end{array} \right\}$$

wofür wir ebenfalls Kürze halber

$$q = A + B \, fx - C \, \text{cof} \, 2x + D \, \text{cof} \, 4x - E \, \text{cof} \, 6x + \&c.$$

setzen wollen, so daß

$$A = 2 \, \text{cosp.} \, (1 + \frac{1}{2} a + \frac{5}{8} b + \frac{35}{32} c + \&c.)$$

$$B = \pi. \, sp. \, f\lambda.$$

$$C = (\frac{1}{2} a + \frac{1}{2} b + \frac{15}{32} c + \&c.) \, 2 \, \text{cosp.}$$

$$D = (\frac{1}{8} b + \frac{5}{32} c + \&c.) \, 2 \, \text{cosp.}$$

&c.

gemacht werde.

S. 932.

Dieses gesetzt, haben wir die Integralgleichung

$$v = e^{-x: \theta} \cdot \text{Const.} + A \theta - B \theta \cdot \frac{\theta \cos x - 1 x}{1 + \theta \theta}$$

$$- C \theta \cdot \frac{\cos 2 x + 2 \theta \cdot f 2 x}{1 + 4 \theta \theta}$$

$$- D \theta \cdot \frac{\cos 4 x + 4 \theta \cdot f 4 x}{1 + 16 \theta \theta}$$

$$- E \theta \cdot \frac{\cos 6 x + 6 \theta \cdot f 6 x}{1 + 36 \theta \theta}$$

&c.

Die beständige Größe wird so bestimmt, daß v einerley Werth erhalte, man mag $x = 0$ oder $x = 2 \pi$ setzen. Denn nach Verlauf eines Jahres kehren eben die Abwechslungen der Wärme wieder. Man setzt sie demnach schlechtthin $= 0$, und so fällt der Exponentialausdruck aus der Gleichung weg. Er dient auch in der That nur, so lange der Beharrungsstand noch nicht da ist.

S. 633.

Die Gleichung ist demnach

$$v = A \theta + B \theta \cdot \frac{\theta \cos x - 1 x}{1 + \theta \theta}$$

$$- C \theta \cdot \frac{\cos 2 x + 2 \theta \cdot f 2 x}{1 + 4 \theta \theta}$$

+ &c.

Hiebey ist nun die Erkältungs-Subtangente θ dergestalt zu bestimmen, daß in dem gemäßigten Erdgürtel die größte und kleinste Jahreswärme etwa 5 Wochen nach den Solstitialetagen eintreffe. Ich habe gefunden, daß man zu diesem Ende süglich $\theta = \frac{1}{4}$ setzen kann.

S. 634.

Für die Polhöhe $p = 45^\circ$ ist nun (S. 600.)

$$a = 0,$$

$$b = \frac{1}{8} f \lambda^4 = 0,0059323$$

$$c = \frac{1}{8} f \lambda^6 = 0,0011294$$

$$d = \frac{1}{8} f \lambda^8 = 0,0001080$$

$$e = \frac{1}{18} f \lambda^{10} = 0,0000395$$

$$f = \frac{1}{17} f \lambda^{12} = 0,0000076$$

&c.

Und dann ferner (§. 631.)

$$\begin{aligned} A &= 1,4168591 \\ B &= 0,8847896 \\ C &= 0,0034064 \\ D &= 0,0010104 \\ E &= 0,0000528 \\ F &= 0,0000027 \\ G &= 0,0000001 \end{aligned}$$

Und endlich

$$\begin{aligned} v &= 1,0626443 \\ &+ 0,4246990 \text{ f } x - 0,3185234 \text{ col } x \\ &- 0,0012484 \text{ f } 2x - 0,0008322 \text{ col } 2x \\ &+ 0,0002273 \text{ f } 4x + 0,0000738 \text{ col } 4x \\ &- 0,0000084 \text{ f } 6x - 0,0000019 \text{ col } 6x \\ &+ 0,0000003 \text{ f } 8x \end{aligned}$$

§. 635.

Für den Wendekreis findet man eben so

$$\begin{aligned} v &= 1,3308431 \\ &+ 0,2392332 \text{ f } x - 0,1794249 \text{ col } x \\ &+ 0,0104761 \text{ f } 2x + 0,0069841 \text{ col } 2x \\ &- 0,0000217 \text{ f } 4x - 0,0000072 \text{ col } 4x \\ &+ 0,0000001 \text{ f } 6x. \end{aligned}$$

§. 636.

Für den Aequator ist ebenfalls

$$\begin{aligned} v &= 1,4215283 + 0,0392419 \text{ f } 2x + 0,0261613 \text{ col } 2x \\ &- 0,0020079 \text{ f } 4x - 0,0006693 \text{ col } 4x \\ &+ 0,0000306 \text{ f } 6x + 0,0000068 \text{ col } 6x \\ &- 0,0000006 \text{ f } 8x - 0,0000001 \text{ col } 8x \end{aligned}$$

§. 637.

Diese Art zu rechnen, geht nun für alle Polhöhen bis zum Polarcircul von statten. Nur werden die Reihen für die Polhöhen, die über 45° sind, weniger convergirend. Für die Derter aber, die noch näher bey dem Pole sind, gibt es im Winter Tage, da die Sonne gar nicht aufgeht. Während der Zeit erkaltet die Erde bloß logarithmisch. Die Rechnung zerfällt demnach in zween Theile, wovon der eine die Zeit begreift, während welcher die Sonne daselbst aufgeht, der andere aber diejenige, während welcher die Sonne beständig unter dem Horizonte bleibt. Ich werde dieses durch die Berechnung der Wärme unter dem Pole selbst erklären

erläutern, um so mehr, da sie ohne Beyhülfe der unendlichen Reiben gemacht werden kann.

§. 638.

Unter dem Pol ist die tägliche Sonnenwärme schlechthin nur
 $q = 2\pi \cdot \sin \delta = 2\pi \cdot \sin \lambda \cdot \sin x$.

Demnach

$$v = e^{-x:\theta} \cdot \int e^{x:\theta} \cdot \sin \lambda \cdot dx$$

$$v = 2\pi \sin \lambda \cdot e^{-x:\theta} \int e^{x:\theta} \sin x \cdot dx + 2\pi \sin \lambda \cdot e^{-x:\theta} \cdot M,$$

wo M, die nach der Integration zu addirende beständige Größe ist. Die Integration gibt

$$v = \frac{2\pi \sin \lambda \cdot \theta}{1 + \theta\theta} \left[\sin x - \theta \cos x + M \cdot e^{-x:\theta} \right]$$

§. 639.

Es sey nun A die zu Ende des Winters noch übrige Sonnenwärme, so wird $v = A$, wenn $x = 0$ ist. Dadurch erhält man

$$M = \theta \frac{A(1 + \theta\theta)}{2\pi\theta \cdot \sin \lambda}$$

§. 640.

Ferner sey B die Wärme zu Ende des Sommers; so ist $v = B$, wenn $x = \pi$ ist. Und dieses gibt

$$B = \frac{2\pi \sin \lambda \cdot \theta}{1 + \theta\theta} \left[\theta + M \cdot e^{-\pi:\theta} \right]$$

oder

$$B = \frac{2\pi \sin \lambda \cdot \theta\theta}{1 + \theta\theta} + \left(\frac{2\pi \sin \lambda \cdot \theta\theta}{1 + \theta\theta} - A \right) \cdot e^{-\pi:\theta}$$

Diese Wärme B nimmt den Winter durch logarithmisch ab, so daß sie zu Ende des Winters wiederum = A wird. Daher haben wir

$$B \cdot e^{-\pi:\theta} = A$$

demnach

$$\frac{2\pi \sin \lambda \cdot \theta}{1 + \theta\theta} \left[\theta + M \cdot e^{-\pi:\theta} \right] \cdot e^{-\pi:\theta} = \frac{2\pi \cdot \sin \lambda \cdot \theta}{1 + \theta\theta} [-\theta + M]$$

woraus

$$M = \frac{\theta}{1 - e^{-\pi: \theta}}$$

folgt.

§. 641.

Daraus ergibt sich nun für den Sommer oder für die Zeit von $\circ \Upsilon$ bis $\circ \Xi$

$$v = \frac{2 \pi \theta \cdot f \lambda}{1 + \theta \theta} \left[f x - \theta \cdot \cos x + \theta \cdot e^{-x: \theta} : (1 - e^{-\pi: \theta}) \right]$$

Und wenn $\theta = \frac{3}{2}$ gesetzt wird

$$\begin{aligned} v &= 1,2012577 \cdot f x \\ &- 0,9009433 \cdot \cos x \\ &+ 0,9148163 \cdot e^{-4x: 3} \end{aligned}$$

§. 642.

Hieraus folgt sodann für $\circ \Xi$, $x = \pi$, und

$$v = 0,9148161.$$

Und dann den Winter über für jede Zeit $x - \pi$, wenn nemlich x immer von $\circ \Upsilon$ gezählt wird

$$v = 0,9148161 \cdot e^{-4(x - \pi): 3}.$$

§. 643.

Für den Polarcircul finde ich für die Zeit von $\circ \Upsilon$ bis $\circ \mathfrak{S}$

$$\begin{aligned} v &= -0,3507323 x \cdot f x - 0,2630492 \cdot x \cdot \cos x + 0,0507468 \cdot e^{-4x: 3} \\ &+ 0,7583909 \cdot f 1 x + 0,2141517 \cdot \cos 1 x \\ &+ 0,0044732 \cdot f 3 x + 0,0019881 \cdot \cos 3 x \\ &- 0,0000650 \cdot f 5 x - 0,0000173 \cdot \cos 5 x \\ &+ 0,0000001 \cdot f 7 x + 0,0000004 \cdot \cos 7 x \end{aligned}$$

Ferner für die Zeit von $\circ \mathfrak{S}$ bis $\circ \mathfrak{Z}$, wenn $x - \frac{1}{2} \pi = \xi$ gesetzt, und demnach ξ von \mathfrak{S} an gezählt wird.

$$\begin{aligned} v &= -0,2630492 \cdot \xi \cdot f \xi - 0,3507323 \cdot \xi \cdot \cos \xi + 0,4120958 \cdot e^{-4\xi: 3} \\ &+ 1,4537421 \cdot f 1 \xi + 0,8943961 \cdot \cos 1 \xi \\ &- 0,0019881 \cdot f 3 \xi + 0,0044732 \cdot \cos 3 \xi \\ &- 0,0000173 \cdot f 5 \xi + 0,0000650 \cdot \cos 5 \xi \\ &- 0,0000001 \cdot f 7 \xi + 0,0000004 \cdot \cos 7 \xi \end{aligned}$$

Und endlich, wenn $x - \pi = \psi$ gesetzt, und demnach ψ von 0 \mathcal{Z} an gezählt wird, ist für die Zeit von 0 \mathcal{Z} bis 0 \mathcal{S}

$$v = -0,2630492. \psi. f \psi - 0,3507323. \psi \cos \psi + 0,4120958. c - 4 \psi : 3$$

$$+ 0,6273484. f 1 \psi - 0,2074619. \cos 1 \psi$$

$$- 0,0019881. f 3 \psi + 0,0044732. \cos 3 \psi$$

$$- 0,0000173. f 5 \psi + 0,0000650. \cos 5 \psi$$

$$- 0,0000001. f 7 \psi + 0,0000004. \cos 7 \psi$$

S. 644.

Nach diesen Formeln erhält man nun folgende Werthe der Wärme v

○	Equator.	Wendekreis.	45°. Polhö. he.	Polarcircul.	Pol.
Y. 0	1,4470270	1,1583951	0,7333617	0,2668694	0,0138730
Y. 15	1,4614089	1,3836172	1,1364054	0,7587306	0,5333814
S. 0	1,3945908	1,5530852	1,4882532	1,3110305	1,3139125
S. 15	1,3829646	1,6164102	1,5893468	1,4595261	1,5260133
±. 0	1,4470270	1,5172449	1,3804103	1,0932814	0,9148161
m. 15	1,4614089	1,2990356	0,9844194	0,5612284	0,3210271
Z. 0	1,3945908	1,0846186	0,6388552	0,2091726	0,1126548
m. 15	1,3829646	1,0243382	0,5382702	0,0960450	0,0395320
Y. 0	1,4470270	1,1583951	0,7333617	0,2668694	0,0138730

S. 645.

Nach den Zahlen dieser Tafel, so wie auch nach andern nachgehends berechneten, habe ich nun die 35te Figur gezeichnet, welche demnach die jährliche Veränderung der Wärme unter den Polhöhen mit einem Anblicke übersehen läßt. Der Maasstab dazu ist noch auf eine doppelte Art unbestimmt, und muß mittelst wirklicher Erfahrungen kenntlich gemacht werden. Denn erstlich ist die Wärmkraft der Sonne in Graden des Thermometers zu bestimmen, und eben so muß auch noch erörtert werden, wie groß die mittlere Grundwärme ist. Aus Vergleichung von mehreren Beobachtungen ist es mir wenigstens vorgekommen, daß die in der Figur voranstehenden Fahrenheitischen Grade eben nicht viel fehlen werden. Die Sommerwärme fällt aller Orten zwischen den 84sten und 96sten Grad. Und dieses ist auch, was dem Mittelschlage nach die Beobachtungen aus allen Ländern angeben. Nur verstehe ich dadurch nicht solche Sommer, wo zuweilen mitten in den Hundetagen das Thermometer unter dem temperirten steht. Das ist keine Sommerwärme im eigentlichen Verstande. Die Winterkälte fängt unter dem 36sten Grad der Polhöhe an, bis zum Frierpunct zu reichen. Es ist dieses der Parallel-

Kreis von Gibraltar, Malta, Candia, Rhodus, Aleppo, Japon, Carolina etc. Ich nenne hier lauter Derter, die wenig über der Meeresfläche erhöht sind, weil es an höher gelegenen Dertern überhaupt kälter ist. (§. 421.) Unter den hier genannten Dertern möchte der Winter an den erstern eher gelinder seyn, aber in Carolina ist er, allen Nachrichten zufolge, ungleich strenger. Es ist hier genug, wenn die Bestimmung von dem wahren Mittel nicht merklich abweicht. Der Grad 0 für die Winterkälte geht durch den 56sten Grad der Breite, und demnach durch Edinburg, Aarhus, Memel, Kamtschatka, die Hudsonsbay etc. An den zwey ersten dieser Derter ist der Winter selten so streng, destomehr aber an den letztern. Und so hält die Bestimmung ziemlich das Mittel. Dieses Mittel ist nun eigentlich, was ich mir hier zu berechnen vorgesezt habe, und wozu die Fahrenheit'sche Stufenleiter in der Figur eingerichtet ist. Da sie aber sehr von den Umständen des Ortes abhängt, wo man beobachtet, so muß freylich in der Anwendung auf besondere Fälle eine oft nicht geringe Aenderung vorgenommen werden. Man erhält z. E. oft über doppelt weniger Grade, wenn man für jeden Monat warme und kalte Tage durch einander rechnet, und daher nicht bloß auf die Wirkung der Sonne, sondern auf alle zufällige Ursachen Rücksicht nimmt. Dieses macht, daß die der Figur beygezeichnete Stufenleiter für den bewohntern Theil von Europa nicht ein solches Mittel angibt, sondern den äußersten Grad sehr nahe kömmt.

§. 646.

Man sieht ferner aus der Figur, was man in der mathematischen Geographie von allen Zeiten her gesagt hat, daß nemlich unter dem Aequator das Jahr durch zweymal Sommer und zweymal Winter ist. Nur sind diese Winter daselbst von den Sommern sehr wenig verschieden. Die französischen Academiker haben auch ausdrücklich angemerkt, daß in Peru die täglichen Veränderungen des Thermometers ordentlich größer als die jährlichen sind. Man sieht aus der Figur, daß letztere nur etwa 6 Fahrenheit'sche oder $2\frac{2}{3}$ Reaumur'sche Grade betragen. Hingegen folgt aus (§. 618 624.), daß unter dem Aequator die tägliche Veränderung der Wärme, dem Mittelschlage nach $7\frac{1}{2}$ Reaumur'sche oder 17 Fahrenheit'sche Grade betragen könne.

§. 647.

Ferner zeigt die Figur, daß vom Wendekreise bis zum Pole die größte Sommerwärme gegen das Ende des Heumonats eintrifft. Dazu hatte ich nun für die Mitte der gemäßigten Zone die Subtangente $\theta = \frac{1}{4}$ gesezt. (§. 633). Man sieht zugleich auch, daß die Sommerwärme unter dem Pole zwar etwas größer als unter dem Polarkreise, und selbst auch größer als unter dem Aequator ist, daß aber von der Sommerwärme des südlichen Theiles der gemäßigten Zone übertriffen wird. Dieses bestimmt nun näher, was es mit dem, was Salley suchte, (§. 595.) für eine Bewandniß hat.

§. 648.

Die größte Winterkälte in der gemäßigten Zone fällt auf das Ende des Januars. In den beyden andern Zonen kann dieses nicht statt finden. Denn in dem heißen Erdgürtel hat man jährlich zween Winter. Man sieht aber aus der Figur, daß unter der Breite von $11^{\circ} 44'$ oder mitten zwischen dem Aequator und dem Wendekreise, der eine Winter die Fortsetzung des ersten Sommers ist. In der kalten Zone fällt die größte Kälte nothwendig erst nach dem Tage ein, da die Sonne wieder anfängt über den Horizont empor zu kommen. Demnach kann sie unter dem Pole erst gegen das Ende des Merzen eintreffen. Dessen unerachtet zeigt die Figur, daß sie unter dem Polarkreise wenig geringer als unter dem Pole selbst ist, und der Unterschied etwa 5 Fahrenheitische Grade beträgt.

§. 649.

Die größte Wärme unter dem Wendekreise fällt auf den 96sten Grad, und die größte Kälte unter dem Pole auf -18 Gr. Diesen Graden entsprechen in der vorstehenden Tafel (§. 644.) Die Zahlen

1,6164	:	:	:	+	96 Gr.
0,0139	:	:	:	-	18 Gr.
Unterschied	:	:	:		114 Gr.

Also liegt in der Tafel eine Einheit zum Grunde, welche 71 Fahrenheitische oder $3\frac{1}{2}$ Reaumurische Grade oder 146 Grade des Luftthermometers, demnach ungefähr den 7ten Theil der absoluten Wärme beträgt. Es geben nun aber die Zahlen der Tafel, die von der Sonne herrührende Wärme an. Damit fällt 0 auf den -19 ten Fahrenheitischen Grad, den man folglich als den Grad der mittlern Grundwärme ansehen kann. Es zeigt sich also, daß unter dem Pol zu Ende des Winters oder des Merzen kaum mehr als die Grundwärme übrig bleibt. Da die Nacht daselbst ein halbes Jahr dauert, so hat freylich der Boden Zeit genug, alle von der Sonne erlangte Wärme wieder zu verlieren.

§. 650.

Um die Art, wie sich die Sonnenwärme und Winterkälte nach den verschiedenen Polhöhen ändert, besser anzugeben, habe ich die 36te Figur gezeichnet, wo die Abscissen die Grade der Polhöhe, die Ordinaten aber die Grade der Sommerwärme und Winterkälte vorstellen. Mitten zwischen beyden krummen Linien geht noch eine punctirte, welche für jede Polhöhe das Mittel zwischen der Sommerwärme und Winterkälte angibt. Dieses Mittel ist aller Orten über dem Frierpunct, und in der kalten Zone fast durchaus gleich, jedoch unterm Pol, um etwas wenigens größer als zwischen dem 70sten und 80sten Grad der Breite. So weit dieses Mittel über dem -19 ten Grad des Fahrenheitischen Thermometers.

ist, (S. 649.) zeigt es den beständigen Theil der Sonnenwärme an. Will man demnach diesen mit zur Grundwärme rechnen, so wird die gesammte Grundwärme durch die Ordinaten der punctirten Linie vorgestellt. Die größte Sommerwärme trifft auf den 33sten oder 34sten Grad der Breite, und dann auf den Pol. Denn man sieht, daß die Linie ein doppeltes Maximum und so auch ein doppeltes Minimum hat. Die geringste Sommerwärme ist unter dem Aequator und dann auch beym Polarcircul. Die Winterkälte nimmt hingegen in einem fort ab. Ich muß aber doch zu besserer Aufklärung sagen, daß ich diese Linien, mittelst derer von der 34sten Figur gezeichnet habe. Es wird daher von den zween Wintern, die jährlich in der heißen Zone statt haben, hier eigentlich der kältere verstanden, wo nemlich die Sonne am weitesten vom Scheitelpunct entfernt ist. Denn unter dem Wendekreise hat dieser allein statt. Und unter dem Aequator sind beyde gleich. Der weniger kalte nähert sich demnach der größten Sommerwärme desto mehr, je mehr man vom Aequator näher gegen den Wendekreis fortrückt. Die Sonne erseht durch die längern Tage, was sie wegen der geringern Mittagshöhe nicht geben kann.

Fünftes Hauptstück.

Einige Anmerkungen.

S. 651.

Mit der in beyden vorhergehenden Hauptstücken vorgetragenen Theorie haben sich nach Halley mehrere beschäftigt. Wolf sah in seiner Abhandlung vom kalten Winter 1709, ganz wohl ein, daß Halley einen guten Anfang gemacht hatte. Er fand aber zum Weitergehen so viele Schwierigkeiten, daß er es lieber ganz unterließ. Mairan glaubte in den Pariser Memoires 1719. weiter gehen zu können, und zwar mit einem solchen Anschein von Genauigkeit, daß er so gar die Strahlenbrechung mit in die Rechnung zieht, und die Schwächung des Sonnenlichtes durch die Luft ebenfalls mitnimmt. Dann nimmt er statt aller Sonnenhöhen, die vom Mittage, und statt ihres Sinus das Quadrat desselben. Dieses, wegen der Refraction und Schwächung des Lichtes durch die Luft reducirt, multiplicirt er durch die Tageslänge, und dividirt was herauskömmt durch die Nachtlänge, und so soll der Quotient der Sonnenwärme proportional seyn. Auf diese Art findet er für die Polhöhe von Paris die Sonnenwärme für 0 S 66mal größer als für 0 Z, und letztere sezt er dem $\frac{1}{33}$ ten Theil der Grundwärme gleich. Eigentlich dividirt Mairan nicht durch die Nachtlänge, sondern er multiplicirt die Tageslänge von 0 S mit der Nachtlänge von 0 Z, und hinwiederum die Tageslänge von 0 Z mit der Nachtlänge von 0 S. Dieses hat aber keinen Verstand.

Denn was soll eine Winternacht mit einem Sommertag oder eine Sommernacht mit einem Wintertag? Sie haben außer der gleichen Länge weiter nichts gemein. Mairan lehrt, wenn er die Sommernacht für den Sommer, und die Winternacht für den Winter will verstanden wissen, das Verhältniß um, und so ist es eben so viel, als wenn er wirklich dividirte. Vielleicht kam ihm in Sinn, daß beyhm Dividiren unter dem Polarcircul die Wärme für 0 ∞ unendlich groß, und die für 0 $Z = 0$ würde herauskommen. Und da ist ersteres zu sehr anstößig. Das Quadrat des Sinus der Sonnenhöhe hat hier keine Bedeutung. Es kommt bloß auf die Menge und Dichtigkeit der Sonnenstrahlen, nicht aber auf den Stos gegen eine ebene Fläche an. Nicht die Feuertheilchen so aufstoßen und daher nothwendig wieder zurückprallen, sondern die, welche nicht an der Fläche aufstoßen, sondern in den zu erwärmenden Körper hineingehen, vermehren die Anzahl der Feuertheilchen oder die Wärme desselben. Dieses ist der Grund, warum schwarze Körper an der Sonne wärmer werden als weiße. (§ 230.) Den Sinus der Mittags-Sonnenhöhe, oder auch, wenn es doch seyn sollte, dessen Quadrat mit der Tageslänge multipliciren, das würde allensfalls angehen, wenn die Sonne den ganzen Tag über gleiche Höhe hätte. Das Product durch die Nachtlänge dividiren, hat gar keinen Verstand. Jedoch, es ist unnöthig, mich hiebey länger aufzuhalten. Ich mußte es wenigstens anführen, um zu sagen, daß Mairans Verfahren mir nicht unbekannt war, und daß ich davon nichts habe gebrauchen können.

§. 652.

Eben so gieng mir mit Eulers Versuche in den Comment. Acad. Petrop. T. XI. 1739, wo erstlich vermuthet wird, daß da der Sinus der Sonnenhöhe die Nacht über negativ wird, dieses das Maas der nächtlichen Erkältung vorstellen dürfte, Diese Vermuthung wird aber bald verworfen, weil die Kälte um Mitternacht am größten seyn müßte, da sie es doch offenbar bey Aufgange der Sonne ist. Bald darauf wird diese Vermuthung wenigstens als eine Hypothese, deren Fehler bekannt ist, und deren Verbesserung nachgeholt werden kann, wieder vorgenommen, und dann nach langen Rechnungen wieder verworfen, weil aus diesen Rechnungen folgen würde, die größte Kälte auf dem Erdboden müßte in den Mitternachtsstunden unter dem Aequator seyn &c.

§. 653.

Was nun Mairan und Euler durch lange Schlüsse und Rechnungen nicht erhalten konnten, das suchte Mayer, der Verbesserer der Mondstafeln, durch bloßes Schätzen zu erhalten, und zwar mit ziemlichem Erfolge. Seine Schrift, womit der 1ste Band seiner Opp. inedit anfängt, ist eine Probe, daß ein wenig Beurtheilungskraft oft weiter als die verwickeltesten Rechnungen reicht. Mayer drückt also, mehr in Form eines Verspiels als nach genauen Beobachtungen, den mittlern Grad der Wärme für jede Polhöhe p , nach dem Reaumur'schen Thermos-

meter durch $12 + 12 \cos 2 p$
 aus. Dieser Grad soll nun eigentlich der seyn, den die Ordinaten der punctirten
 krummen Linie in der 35ten Figur vorstellen. Wenn diese Linie genau eine Si-
 nuslinie wäre, so würde Mayer die Sache getroffen haben, und es würden nur
 die Coefficienten einiger Verbesserung bedürfen. Der Unterschied ist übrigens in
 der That geringe. Man sieht leicht, daß Mayer Rücksicht darauf genommen,
 daß die mittlere Wärme unter dem Aequator ein Maximum unter dem Pole aber
 ein Minimum seyn müsse. Dieser Bedingung leistet er durch seinen Ausdruck
 $12 + 12 \cos 2 p$. Genüge. Das ist aber freylich nicht genug, weil = viel allgemei-
 nere Ausdruck

$$a + b \cos 2 \varphi + c \cos 4 \varphi + \text{cc.}$$

es auch thut.

§. 654.

Der mittlere Grad der Wärme fällt geringer aus, wenn ein Ort über der
 Meeresfläche erhöht ist. Mayer rechnet auf 600 Pariser Fuß oder 100 Lachter ei-
 nen Reaumur'schen Grad. Hieran ist nach (§. 421.) nur darinn gefehlt, daß die
 Wärme nicht nach arithmetischer Progression, sondern immer langsamer abnimmt.

§. 655.

Ferner setzt Mayer, die größte Sommerwärme und Winterkälte treffe
 unter größern Polhöhen später nach den Tagen der Sonnenwenden ein. Er gibt
 davon eine Tafel, die so ziemlich nach der Formel ($28 - 28 \cos 2 p$ Tage) be-
 rechnet ist. Dieses ist nun aber nicht sehr richtig. Mayer besann sich nicht,
 daß unter dem Aequator nicht die größte, sondern die geringste Wärme auf die
 Sonnenwende folgt, und daß unter dem Pol die größte Kälte auf das Ende des
 Merzen, demnach über 90 Tage nach \circ Z eintritt.

§. 656.

Die halbe jährliche Veränderung stellt Mayer in einer Tafel vor, die nach
 $23 \sin p$ berechnet zu seyn scheint. Unter dem Aequator müßte sie also = 0 seyn,
 welches doch nicht ist. (§. 646.) Unter dem Pol ist sie gewiß größer als 12 Rea-
 umur'sche Grade. Denn selbst in Deutschland wird sie nicht geringer seyn, wo
 die äußersten Grade von -18 bis $+27$ gehen, und folglich die größte Verän-
 derung 45 Grade beträgt.

§. 657.

Die jährliche Veränderung läßt Mayer überhaupt nach $a \sin x$ fortgehen,
 so daß er die Grade x von dem Tage anrechnet, der 3 Monat auf den Tag der
 größten Kälte folgt. Diese Regel hat die vorhin (§. 656. angezeigten Ausnah-
 men. Unter dem Aequator müßte eher von $\frac{1}{2} x$ als von $\sin x$ die Rede seyn,
 weil daselbst zween Winter und zween Sommer sind. (§. 636.)

Endlich

§. 658.

Endlich setzt Mayer die tägliche Veränderung auf 8 Grade, die größte Tageswärme auf 2, 3 bis 4 Uhr Nachmittag, die kleinste beim Aufgange der Sonne, und proportionirt das übrige stundenweise nach Verschiedenheit der Tageslänge, so gut es angehen konnte. Er bedauert den Mangel von Beobachtungen, die ihm freylich mehr und bestimmtere Kenntnisse würden an die Hand gegeben haben. Seine Abhandlung ist auch eigentlich nur eine Anleitung, wie man gute Beobachtungen mit einer zwar noch unvollständigen, aber eben nicht ganz fehlschlagenden Theorie vergleichen, und beyde nach und nach verbessern könne. So, sagt Mayer, haben es von je her die Astronomen gemacht. Sie nahmen erst den bloßen Schein an, und nach und nach klärte sich ihnen das Wahre auf.

Sechstes Hauptstück.

Anwendung der Theorie auf Beobachtungen.

§. 659.

Ueber die bey der Berechnung der jährlichen Wärme gebrauchte Differentialformel (§. 630.) lassen sich nun eben die Anmerkungen machen, die ich kurz zuvor (§. 626. 627.) über die von der täglichen Erwärmung gemacht habe. Der Coefficient n (§. 626.) wird bey beyden nothwendig, und die Erkältungs-Subtangente θ leidet so, wie γ (§. 627.) einige Veränderung, wenn man auf den Unterschied sieht, daß nicht jeder Boden die Sonnenwärme mit gleicher Leichtigkeit annimmt oder wieder verlieret. Da nun eine solche Aenderung, wo sie nöthig ist, ebenfalls eine Aenderung der Coefficienten in den Integralgleichungen nach sich zieht, so wird es genug seyn, wenn wir nur die allgemeine Form davon

$$\begin{aligned} v &= A \\ &+ B. f x + b \cos x \\ &+ C. f 2 x + c \cos 2 x \\ &+ \&c. \end{aligned}$$

benbehalten, und diese Reihen als sehr schnell convergirend ansehen, (§. 634—636.) so daß kaum mehr Glieder als die hier angezeigten nöthig sind.

§. 660.

Dieser Ausdruck verwandelt sich ohne Mühe in einen andern von folgender Form

$$v = A + B. \sin (x + \delta) + \gamma. \sin (2 x + \epsilon).$$

welcher zum Gebrauche bequemer ist.

Kf

S. 661.

Als ich 1758 die 11jährigen Doppelmayerschen Wetterbeobachtungen vornahm, um die barometrischen Veränderungen mit dem Mondlaufe zu vergleichen, zeichnete ich mir zugleich die größten und kleinsten monatlichen Grade des Thermometers aus. Doppelmayer sagt, daß es ein Fahrenheit'sches sey. Aus den Graden selbst aber läßt es sich schließen, daß es nach der ältesten Fahrenheit'schen Art (S. 111.) eingetheilt gewesen seyn muß. Die Beobachtungen sind zu Nürnberg angestellt, und folgende:

Größte monatliche Grade.

	Januar.	Febr.	Mart.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
1732	— 16	— 1	12	27	44	39	50	43	42	23	15	— 17
1733	— 7	— 1	2	25	36	40	51	44	37	19	4	4
1734	2	6	8	20	34	37	42	40	48	23	— 5	— 15
1735	— 8	— 7	10	31	29	42	53	40	42	29	— 2	2
1736	— 16	— 9	7	26	36	40	51	53	38	18	5	— 10
1737	— 5	— 7	4	15	35	44	53	41	43	20	— 1	— 11
1738	— 15	— 11	0	26	40	49	39	53	32	27	0	0
1739	— 9	8	12	6	55	45	55	40	40	18	— 12	— 5
1740	— 23	— 28	— 10	13	32	37	47	44	48	18	0	5
1741	— 7	+ 2	0	18	32	35	50	47	34	28	16	— 7
1742	— 8	— 5	— 3	4	18	48	53	43	35	14	— 1	— 17
Mittel	— 10, 2	— 4, 8	3, 8	19, 2	35, 5	41, 5	49, 5	44, 4	39, 9	21, 5	1, 7	— 6, 5

Kleinste monatliche Grade.

1732	— 43	— 34	— 3	2	7	11	19	25	13	0	— 17	— 52
1733	— 19	— 25	— 17	— 7	4	17	32	25	2	— 6	— 16	— 23
1734	— 34	— 34	— 14	1	6	22	24	25	10	— 1	— 31	— 41
1735	— 24	— 29	— 12	— 13	6	18	23	22	18	— 8	— 22	— 33
1736	— 45	— 26	— 25	— 1	3	20	19	24	6	— 2	— 29	— 23
1737	— 24	— 27	— 11	— 6	13	16	24	18	17	— 7	— 20	— 30
1738	— 45	— 36	— 16	— 1	— 4	20	24	24	18	— 3	— 34	— 34
1739	— 34	— 13	— 11	— 4	4	18	28	24	11	— 12	— 33	— 23
1740	— 58	— 51	— 32	— 17	— 3	13	21	25	21	— 16	— 26	— 42
1741	— 34	— 19	— 18	— 20	— 5	17	28	22	16	7	— 23	— 29
1742	— 48	— 36	— 28	— 26	1	18	24	18	0	— 1	— 17	— 54
Mittel	— 37, 1	— 30, 0	17, 0	8, 4	2, 9	17, 3	24, 2	22, 9	12, 0	— 4, 5	24, 4	— 34, 9

Das Mittel aus allen.

— 23, 6 | — 17, 4 | — 6, 6 | 5, 4 | 19, 2 | 29, 4 | 36, 9 | 33, 6 | 26, 0 | 8, 5 | — 11, 3 | — 20, 7

und für das ganze Jahr + 6, 6.

§. 662.

Nach diesen Zahlen habe ich die 37ste Figur gezeichnet. Die beyden äußersten krummen Linien geben die äußersten während den 11 Jahren beobachteten Grade an. Sie sind nicht ganz regulär. Es ist aber auch nicht vermuthlich, daß in den 11 Jahren, und in jedem Monate die wahren äußersten Grade, wenigstens einmal statt gefunden haben. Die beyden andern Linien zeigen das Mittel aus den größten und kleinsten Graden, und haben schon merklich mehr Regularität. Doch mußte ich, um sie regulär zu machen, einigemal neben den Punkten vorbeiziehen. Die mittelfte Linie gibt das Mittel aus den sämtlichen Graden vorstehender Tafel an, und geht sehr ordentlich durch alle Punkte. Die Monate sind so, wie die Ordinaten für die Mitte eines jeden Monats zu verstehen. Ich finde nun, daß, wenn die Ordinaten vom 15ten März an gezählt und durch ϕ Grade vorgestellt werden, die Natur der mittlern Linie sehr genau durch

$$v = 8,5 + 31,3 \cdot \sin(\phi - 32^\circ.14') + 2,8 \cdot \sin(2\phi - 62^\circ.0')$$
 vorgestellt wird. Eine Gleichung, welche die der Theorie gemäße Form hat. (§. 660.) Hier ist die Vergleichung

Monat.	Rechnung.	Beobacht.	Monat.	Rechnung.	Beobacht.
Januar.	-24,3	-23,6	Jul.	+37,9	+36,9
Februar.	-19,2	-17,4	Aug.	+35,8	+33,6
März.	-7,3	-6,6	Sept.	+26,1	+26,0
April.	+5,8	+5,4	Oct.	+8,2	+8,5
May.	+20,0	+19,2	Nov.	-9,0	-11,3
Jun.	+30,7	+29,4	Dec.	-21,9	-20,7

Man nehme mit, daß der lange und kalte Winter 1740 mit unter den 11 Jahren vorkömmt, welcher schon im October anfieng, so wird man einigermaßen begreifen, daß ungeachtet die Rechnung für den Dec. Jan. Febr. und März mehr Kälte angibt, sie dennoch für den Nov. zurück bleibt. Sie hält also dennoch das Mittel. Nach der Gleichung fällt die größte Wärme auf den 21sten oder 22sten Jul. Dennach 4 Wochen nach ϕ .

§. 663.

Folgende Bestimmungen für alle Tage des Jahres sind das Mittel aus den 40jährigen Beobachtungen des Marchese Poleni (§. 80.) zu Padua, von Hrn. Toaldo in Reaumur'sche Grade verwandelt.

Mittlere Nachmittagswärme zu Padua.

	Jan.	Febr.	Mart.	April.	May	Juny	July	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.
1	3,7	4,3	7,5	0,2	14,5	18,8	20,9	21,8	20,7	17,3	11,6	6,7
2	4,2	4,3	7,5	0,6	14,7	18,6	21,1	21,7	20,6	17,1	11,7	6,4
3	4,1	4,2	7,6	10,9	14,9	18,7	21,0	21,7	20,2	17,1	11,0	6,4
4	4,1	4,2	7,8	11,3	15,2	18,8	21,0	21,7	19,6	16,4	10,9	6,3
5	3,6	4,6	8,0	12,0	15,3	18,7	21,1	21,9	20,1	16,4	11,2	6,0
6	3,5	4,6	8,2	11,4	15,3	18,9	21,1	21,7	20,1	16,2	10,6	6,0
7	3,7	4,7	8,3	11,2	15,6	18,7	21,2	21,7	20,1	15,9	10,4	6,1
8	3,5	4,8	8,3	11,4	15,6	18,8	21,2	21,7	20,2	16,2	9,9	5,8
9	3,4	5,2	8,3	11,9	15,8	18,7	21,1	21,7	20,1	15,9	10,1	5,8
10	3,5	5,5	8,1	11,8	15,9	18,8	21,0	21,8	20,1	15,7	9,7	5,8
11	3,3	5,7	8,4	12,1	16,0	19,2	21,5	21,7	20,0	5,5	10,0	5,7
12	3,3	6,0	8,2	11,9	16,4	19,1	21,6	21,6	19,8	15,2	10,0	5,4
13	3,5	5,7	8,3	12,2	16,2	19,3	21,8	21,6	19,6	15,1	9,7	5,4
14	3,4	5,4	8,3	12,2	16,1	19,7	21,7	21,6	19,6	14,9	9,5	5,3
15	3,5	5,2	8,5	12,5	16,4	19,9	21,9	21,4	19,6	14,8	9,5	5,4
16	3,4	6,4	8,7	13,0	16,6	20,0	21,9	21,5	19,4	14,7	9,1	5,3
17	3,2	5,9	8,7	12,7	16,3	20,0	21,9	21,4	19,1	14,7	8,3	5,4
18	3,3	6,0	9,0	13,0	16,4	20,2	22,4	21,0	19,1	14,2	8,6	5,3
19	3,5	6,6	9,3	13,1	16,5	20,3	22,2	21,0	18,9	14,1	8,4	5,2
20	3,5	6,6	9,8	13,3	16,6	20,7	22,1	20,9	8,7	13,9	8,3	5,0
21	3,6	6,8	9,8	13,7	16,9	20,8	22,2	21,0	18,4	13,9	8,0	5,0
22	3,5	6,8	9,7	13,5	16,8	20,8	22,1	21,1	18,2	13,2	7,5	4,9
23	3,9	7,0	9,8	14,1	16,9	20,7	22,2	21,0	18,2	13,2	7,8	4,9
24	3,8	7,0	9,8	14,6	17,2	20,7	22,3	21,0	18,2	13,2	7,3	4,6
25	3,8	6,9	9,8	14,0	17,3	20,7	22,3	21,2	18,0	13,0	7,3	4,5
26	3,8	5,7	9,7	14,1	17,6	20,7	22,1	21,0	17,6	12,8	7,2	4,6
27	3,9	7,0	9,7	13,8	17,5	20,7	22,1	21,0	17,5	12,8	7,2	4,5
28	4,5	7,0	9,8	13,9	17,7	20,7	22,1	20,9	17,3	12,8	7,0	4,4
29	4,1	6,6	9,8	14,1	17,8	20,7	22,1	20,8	17,3	12,9	7,1	4,4
30	4,1		9,9	14,2	18,2	20,8	22,1	20,7	17,1	11,9	6,9	4,1
31	4,3		10,1		18,4		22,1	20,5		12,1		4,0

Das Thermometer hing in einem Zimmer, das die Mittags-Sonne hatte. Dieser Umstand hat seinen besondern Einfluß auf die Grade, so das Thermometer

ter zeigt. (S. 170 — 176.) Die Winterkälte dringt nie so viel in die Zimmer, als sie in freyer Luft herrschet. Eine etwas anhaltende Sommerhitze, zumal bey offenen Fenstern, dringt selbst in die gegen Mitternacht liegende Zimmer hinein. Es ist aber in Italien, wegen der großen Hitze üblich, dem Sonnenlichte den Zugang in die Zimmer zu benehmen, und die Mittagsstunden mit Schlafen zuzubringen. Ich kann nun nicht sagen, ob der Marchese Poleni seinem Thermometer zu gefallen, anders verfahren. Die größte Hitze in den 40 Jahren trift auf den 93sten Grad des Fahrenheit'schen Thermometers, und die größte Kälte auf den 25sten. (S. 80.) Erstere könnte gar wohl größer, und letztere ebenfalls bey einem tiefern Grade seyn. Doch dieses sind besondere Umstände des Ortes, und wollen nur sagen, daß man aus der Tafel auf die Wärme und Kälte der Taroisfer Mark in freyer Luft nicht so ganz unbedingt schließen könne. Da indessen das Thermometer immer an gleichem Orte blieb, so kann das Mittel aus allen Beobachtungen allerdings die Regularität haben, die es hat. Ich habe die Grade von jedem Monat addirt, und die Summe durch die Anzahl der Tage getheilt, um die mittlere Wärme eines jeden Monates zu erhalten. Diese ist folgende:

Monat.	Grad.	Monat.	Grad.
Jan.	3, 69	Jul.	21, 66
Febr.	5, 75	Aug.	21, 33
Mart.	8, 86	Sept.	19, 11
April	12, 62	Octob.	14, 63
May	16, 30	Nov.	9, 08
Jun.	19, 77	Dec.	5, 31

und der mittlere Grad vom ganzen Jahre ist 13, 17.

Nach diesen Zahlen habe ich eine krumme Linie gezeichnet, indem ich die Monate als Abscissen und die Grade als Ordinaten vorstellte. Die Linie war sehr regulär. Nur war der aufwärts gehende Theil weiter als der abwärtsgehende, und dieses scheint anzuzeigen, daß die Sommerhitze länger dauerte als die Winterkälte. Es kann aber auch seyn, daß das Thermometer der größten Sommerhitze nicht genug ausgesetzt war. So viel fand ich, daß, wenn ich die Grade nach der Formel

$$v = 13,40 + 9,73 \cdot \sin \varphi - 1,25 \cdot \sin 2\varphi$$

berechnete, wo φ vom 21sten April an in Graden gezählt wird, diese Formel mit den Graden vom October an, bis zum Julio sehr gut übereintraf, hingegen den größten Grad der Wärme, um 2 Grade größer angab, und so in dem Jul. Aug. und Sept. von den Beobachtungen stufenweise mehr und dann immer wiederum weniger abwich.

S. 664.

Algier liegt noch mehr nach Süden unter der Breite von 36 Gr. 50 Min. Reaumur hat daselbst mit seinem Thermometer Beobachtungen anstellen lassen. Von der Nachmittagswärme giebt folgender Auszug einen Begriff, wo ich nur anzeige, wie vielmal das Thermometer bey, oder etwas über einem jeden Grad beobachtet worden. Dasselbe hieng auf einem Gange Nordwärts am Schatten.

1735	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Jun.						1		4	8	9	4	4					
Jul.												21	7	3			
Aug.													9	10	5	1	
Sept.											1	15	8	5			
Oct.										1	6	16	7	1			
Nov.					1	9	3	1	6	7	3						
Dec.				5	14	12											
1736																	
Jan.		3	4	12	10	2											
Febr.	1	4	8	11	4	1											
Mart			1	5	17	5	3										
Apr.				1	5	7	10	5	2								
May						1	2	5		13	3	7					
Jun.										1	6	18	2	3			
Jul.												4	4	7	7	8	1
Aug.													1	7	14	8	1
Sept.											3	5	11	8	3		
Oct.								2	8	6	5	7	2	1			
Nov.					5	3	6	16									

Hieraus ergeben sich für jeden Monat die mittlere Grade, denen ich diejenigen beyfüge, die, der Construction zufolge, die wahren mittlern seyn mögen.

	1735	1736		1735	1736		
Jan.		14, 1	13, 8	Jul.	22, 6	24, 5	24, 4
Febr.		13, 6	13, 7	Aug.	23, 9	25, 0	25, 0
Merz		15, 2	15, 0	Sept.	22, 7	23, 1	23, 1
Apr.		16, 6	17, 3	Oct.	22, 0	20, 6	20, 4
May		19, 9	19, 8	Nov.	18, 2	16, 4	17, 4
Jun.	19, 8	22, 0	22, 2	Dec.	15, 2		15, 1

Da diese Beobachtungen nur von $1\frac{1}{2}$ Jahren sind, so mengen sich die zufälligen Umstände dieser Jahre zu viel mit ein, als daß das Mittel ganz zuverlässig seyn sollte.

§. 665.

Die Insel Bourbon bey Madagascar liegt unter der Polhöhe von 20 Gr. 51 Min. zwischen dem Aequator und dem südlichen Wendekreise. Die Sonne geht daselbst 2 Monate nahe bey dem Scheitelpole vorbei. Dieses macht die Wärme vom Nov. bis in Febr. ziemlich gleich. Cossigny beobachtete daselbst das Reaumur'sche Thermometer 11 Monate durch. Folgende Tafel giebt an, wie oft es bey jedem Grade gestanden.

	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1733. Apr.				1	2	12	11	4	
May			4	7	9	10	1		
Jun.		6	10	10	4				
Jul.	1	4	18	8					
Aug.	9	15	5	1		1			
Sept.		9	17	4					
Oct.	1	8	12	8					
Nov.	1	1	4	6	12	6			
Dec.			1	5	9	11	3		
1734. Jan.			2	6	5	9	5	3	1
Febr.				1	3	9	8	7	

Wenn dieser Jahrgang nicht zu viel irregular gewesen, so mögen die mittlere Grade folgende seyn.

Jan.	25,7	May	24,2	Sept.	21,8
Febr.	25,9	Jun.	22,9	Oct.	22,6
Mart.	25,8	Jul.	21,9	Nov.	23,9
Apr.	25,3	Aug.	21,5	Dec.	24,9

§. 666.

Zu Pondicheri unter 11° . 55' nördlicher Breite, hat Cossigny einen Ordensmann gefunden, der auf sein Ansuchen das Reaumur'sche Thermometer einige Zeit beobachtet hat. Folgende Tafel giebt an, wie oft es bey jedem Grade gestanden.

		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
1 7 3 6.	Sept.					4	6	7	3				
	Oct.		1	1	3	8	6	10					
	Nov.	1	9	11	3	5							
	Dec.	5	15	6									
1 7 3 7.	Febr.			4	13	11							
	März						16	14					
	Apr.						1	8	15				
	May							1	14	15	1		
	Jun.									10	9	8	2
	Jul.							2	7	18	3		
	Aug.						4	12	8	5	1		
	Sept.					1	5	10	1	8			
	Oct.	1	4	3	3	3	8	5					
	Nov.	3	6	11	6								
Dec.		4	10	8									
1 7 3 8.	Febr.				7	11	7						
	März					11	19						
	Apr.						5	15	5				
	May								9	6	4	7	3
	Jun.								3	19	5		
	Jul.								5	13	12		
	Aug.					4	2	6	8	8			
	Sept.						7	5	14	1			

Die Beobachtungen vom Jenner fehlen beyde male. Doch dieser Mangel würde leicht zu ersetzen seyn, wenn die übrigen Beobachtungen wegen besonderer Umstände des Ortes nicht allzusehr von dem wahren Mittel abwichen. Man sieht aus der Tafel, daß 1737 der Junius, und 1738 der May die meiste Wärme hatte. Und doch geht die Sonne erst den 21sten Aug. das zweytemal durch den Scheitelpunct. Es sind nun aber in dortigen Gegenden die halbjährigen Winde, und die in gewissen Monaten häufigen Regen, welche eine starke Ausnahme machen können. Reaumur hätte demnach gut gethan, wenn er, nebst seinem Thermometer auch die Witterung selbst hätte aufzeichnen lassen.

§. 667.

Um nun zu sehen, worinn diese Irregularitäten bestehen, habe ich für die Polhöhe von $11^{\circ}.44'$, welche die Hälfte der größten Schiefe der Ecciptic ist, die

Die jährliche Sonnenwärme nach der allgemeinen Formel (§. 633.) berechnet, und finde, daß sie überhaupt

$$\begin{aligned} v &= 1,42386 \\ &+ 0,12220. \sin x - 0,09175. \cos x \\ &+ 0,02643. \sin 2x + 0,01761. \cos 2x \\ &- 0,00018. \sin 4x - 0,00006. \cos 4x \end{aligned}$$

ist. Daraus berechne ich folgende Tafel:

Y	0	1,34967	♁	0	1,53317
Y	0	1,43712	♂	0	1,47382
Y	15	1,47187	♂	15	1,42883
II	0	1,49813	♄	0	1,37821
S	0	1,52838	♅	0	1,28404
Q	0	1,54267	♆	0	1,24031
Q	15	1,54877	♆	15	1,24621
W	0	1,55050	♁	0	1,26938

Also müßte die größte Hitze auf das Ende des Augustus, und die geringste auf das Ende des Junius fallen. Nach den Beobachtungen aber müßte dafür die Mitte des Junius und des Decembers angenommen werden. Also wäre die Witterung im Sommer um 2 Monat, und im Winter um 1 Monat früher als sie ohne die vorerwähnten Winde und Regen seyn würde. Nach der auf der achten zum 180 S. gehörigen Kupfertafel angebrachten Fahrenheit'schen Stufenleiter, und der Rechnung zufolge, würde die

$$\begin{aligned} \text{Sommerhitze} &: : 90\frac{1}{2} \text{ Gr.} \\ \text{Winterkälte} &: : 68 \text{ —} \end{aligned}$$

seyn. Diese treffen mit dem Reaumur'schen 28sten und 16,7ten Grade überein. Die Beobachtungen geben beyde um 4 bis 5 Grade größer an. Ob dies aus eben dem Grunde ist, aus welchem in Syrien 50, und im Senegal 39 Gr. gefunden worden, (§. 132.) das mag hier dahin gestellt bleiben. In dem heißen Erdstriche sind die jährlichen Veränderungen der Wärme geringe. Um destomehr können die besondern Umstände des Ortes denselben andere Bestimmungen geben.

§. 668.

In den Nordländern sind die jährlichen Veränderungen am größten, zugleich aber auch von einem Jahre zum andern am meisten verschieden. Dies macht, daß man das Mittel aus sehr vielen Jahren nehmen muß, wenn man das, was in den jährlichen Veränderungen der Wärme beständig ist, von dem Zufälligen absondern und es besonders bestimmen will. Wargentin hat sich die Mühe gegeben, die von 1739 bis 1757 während 19 Jahren von Celsius, Strömmer, Ferner und Mallet angestellten Beobachtungen auf das schwedische Thermome-

ter (§. 115.) zu reduciren, und von 10 zu 10 Tagen das Mittel aus allen zu berechnen. Er fügte noch für 7 Jahre das Mittel aus den nächstlichen und mittäglichen Beobachtungen bey. Ich habe daraus für jeden Monat das Mittel berechnet, indem ich die von 10 zu 10 Tage angegebene mittlere Grade zusammen addirte, und den $\frac{1}{7}$ Theil von der Summe nahm. Den Erfolg stellt folgende Tafel in Graden des schwedischen Thermometers vor:

Monat.	Mittlere Wärme.	Mittel von Morgen u. Abend.	Mittel der Nachmittagswärme
Januar	— 4,5	— 6,1	— 3,7
Februar	— 3,8	— 5,2	— 2,5
März	— 1,6	— 4,7	+ 1,4
April	+ 3,7	— 0,1	+ 7,4
May	+ 8,8	+ 4,4	+ 13,3
Junius	+ 15,3	+ 10,0	+ 20,4
Julius	+ 16,7	+ 11,6	+ 21,7
Augustus	+ 15,4	+ 11,1	+ 19,8
Septembr.	+ 11,2	+ 7,5	+ 15,0
October	+ 5,8	+ 3,4	+ 8,2
November	+ 0,6	— 1,3	+ 2,5
December.	— 2,6	— 3,5	— 1,7

Ich konstruirte die Zahlen der ersten Columne als Ordinaten, deren Abscissen die Monate waren, und fand sie sehr regulär, so daß wenn x in Graden vom 19ten April an gezählt wird, die Formel

$$y = 5,6 + 10,7 \cdot f x + 0,7 \cdot f(2x - 70^\circ)$$

sehr genau eben die Linie gab, die sich durch die Endpunkte der Ordinaten durchziehen ließ. Diese Formel ist aus den Beobachtungen hergeleitet, und demnach so, wie die Beobachtungen selbst von den Umständen des Ortes abhängig, wohin vermuthlich auch der gehört, daß das Thermometer nicht an freyer Luft war, (§. 172.) wiewohl Wargentin ausdrücklich das Gegentheil sagt. Ich berechnete nun nach der allgemeinen Formel (§. 633.) die jährliche Wärme für den 60sten Grad der Breite, und fand die Gleichung

$$y = 0,8183 + 0,5200 \cdot f x - 0,3500 \cdot \text{col } x \\ - 0,0329 \cdot f 2x - 0,0219 \cdot \text{col } 2x \\ + 0,0013 \cdot f 4x + 0,0004 \cdot \text{col } 4x,$$

und mittelst dieser folgende Werthe von y .

Jahreszeit.	y	Jahreszeit.	y
o γ	0,4067	o α	1,1868
o δ	0,7020	o m	0,8575
o η	1,0547	o ζ	0,5441
o θ	1,3607	o ς	0,3206
o Ω	1,5042	o π	0,2133
o π	1,4322	o χ	0,2366

Nach diesen Zahlen habe ich nun die krumme Linie der 38sten Figur gezogen. Die 38. Figur. Figur hat zur Rechten den Maasstab für die Ordinate y. Zur Linken habe ich die Grade des schwedischen Thermometers aufgetragen, so, daß die größten und kleinsten Ordinate mit den beobachteten Graden (§. 667.) zusammenpassen. Nach dieser schwedischen Stufenleiter trug ich nun die beobachteten Grade als Ordinate auf, und zeichnete die Endpuncten derselben durch o, in deren Mitte ein Punct ist. Man sieht, daß die Ordinate vom Brachmonat allein ausgenommen, die übrigen von der Rechnung sehr wenig abweichen, und daß die Abweichung noch geringer wird, wenn man die nach der Rechnung gezogene Linie um einige Tage vorwärts schiebt, oder die jährliche Erkältungs-Subtangente θ kleiner als $\frac{1}{2}$ setzt. (§. 659.) Diese geringe Abweichung, zumal in einem Lande, wo die Jahrgänge an Wärme und Kälte so sehr verschieden sind, zeigt nun, daß die Voraussetzung, (§. 609.) die ich auf den Erfolg hatte ankommen lassen, ganz gut angeht, wenn man aus vieljährigen Beobachtungen das Mittel nimmt. (§. 629.)

Siebentes Hauptstück.

Vertheilung der Sonnenwärme unter der Erde.

§. 669.

Die Dertter ausgenommen, die zunächst an einem feyerspendenden Berge liegen, ist die Grundwärme überhaupt geringer als die Winterkälte. Die Wärme, welche demnach die Erde von der Sonne erhält, vertheilt sich unter der Oberfläche so, daß sie sich einem bestimmten Grade nähert, und diese Näherung würde, überhaupt betrachtet, logarithmisch seyn, wenn die Oberfläche alle Tage gleich viel Wärme erhielte und wieder verlore. (§. 327.) Dieser gleichförmigen Erwärmung kommen nun die Länder unter dem Aequator am nächsten. Also müßte man dorten Beobachtungen anstellen, um die Subtangente der logarithmischen Linie ausfündig zu machen.

§. 670.

In Europa herrschet in der jährlichen Erwärmung und Erkältung zu viel Ungleichheit, und dieses macht, daß die Veränderungen an der Oberfläche bis in eine ziemliche Tiefe ähnliche Veränderungen unter der Erde nach sich ziehen. Natürlicherweise aber werden diese Veränderungen in größern Tiefen geringer, und die Wärme entfernt sich daselbst weniger von ihrem Mittelstande. Eine Folge hievon ist, daß die innere Theile der Erde, an sich betrachtet, im Sommer wärmer, im Winter aber kälter sind, aber in Vergleichung mit der Erdoberfläche oder der äußern Luft den Anschein des Gegentheils haben, und zwar so sehr, daß man vor des Mariotte Versuchen dieses Gegentheil durchgehends glaubte. (S. 152 — 156.)

§. 671.

Nach Mariotte ist mir nur Sales bekannt, der in Absicht auf die Veränderungen der Wärme unter der Erde einige Versuche angestellt hat, wovon oben (§. 162.) die merkwürdigsten vorkommen. Sales erstreckte aber seine Beobachtungen nur bis so weit man gewöhnlich glaubt, daß der Frost eindringe, nemlich bis auf 2 Fuß. Und dieses war zu seiner Absicht genug, und der Einrichtung seines Gartenthermometers gemäß. Es blieben also, um die Vertheilung der Wärme unter der Erde vollständigere Beobachtungen zu machen. Und dazu entschloß sich auf meinen Antrag Herr Ott, ein gelehrter Kaufmann in Zürich im Jahr 1762.

§. 672.

Herr Ott ließ in dem Garten auf seinem vor der Stadt Zürich gelegnen Land: guthe Thermometer mit Röhren von gehöriger Länge an einem Orte eingraben, der dem Sonnenschein und allen Abwechslungen des Wetters frey ausgefetzt war. Die Kugeln der Thermometer waren $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, 1, 2, 3, 4, 6 Fuß tief, und die Röhren lang genug, daß die Stufenleiter über der Erde empor stunden. Die Thermometer waren mit Weingeiste gefüllt, weil dieser sich stark ausdehnt, und der in der Röhre befindliche Theil zu dem in der Kugel ein unmerklicheres Verhältniß hat, als wenn Quecksilber gebraucht worden wäre. Die Eintheilung war nach des MICHELI du CREST Art gemacht, (S. 125.) und die Grade waren $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ Zoll groß. Man kann hieraus abnehmen, daß die Röhren in Vergleichung mit den Kugeln sehr dünne waren. Und dieses mußte auch seyn, wenn ersterwähntes Verhältniß sehr gering seyn sollte. Denn eigentlich wollte man bey jedem Thermometer die Wärme wissen, die in der Tiefe der Kugel statt findet, und nicht die in den verschiedenen Theilen der Röhre. Das 6 Fuß tiefe Thermometer ließ Herr Ott nicht gleich Anfangs eingraben, sondern erst nachdem ihm Beobachtungen von einigen Monaten gelehrt hatten, daß es in solcher Tiefe noch beträchtliche Veränderungen giebt. Er setzte die Beobachtungen $4\frac{1}{2}$ Jahre lang, bis kurz vor seinem Tode, fort. Er schickte mir sie im Frühling 1768, da ich dann eine ziemlich vollständige Abschrift davon machen ließ, damit, wenn sie bey dem Zurückschicken verlohren gehen sollten, sie so ziemlich wieder hergestellt werden konnten.

§. 673.

Es hatte sich nun Herr Ott nicht bloß die Mühe gegeben, den Stand der Thermometer aufzuzeichnen. Er berechnete für halbe und ganze Monat das Mittel aus den Graden eines jeden Thermometers, indem er sie zusammen addirte, und die Summe durch die Anzahl der Beobachtungen theilte. Auch bemerkte er die größten und kleinsten Höhen, und nahm von diesen besonders das Mittel, welches von jenem oft merklich verschieden war, und auch weniger brauchbar ist. Endlich nahm Herr Ott auch das wahre Mittel für jeden Monat aller 4 Jahre, damit, was etwa das eine Jahr zu viel oder zu wenig hatte, durch die übrigen abgeglichen würde. Dieses gab ihm in $\frac{1}{2}$ Theilen des du CRESTschen Thermometers folgende Tafel:

Monate.	Fuß Tiefe der Thermometer unter der Erde.						
	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	2	3	4	6
Januar.	— 84	— 80	— 74	— 68	— 60	— 50	— 35
Februar.	— 90	— 82	— 78	— 70	— 65	— 54	— 45
März.	— 29	— 52	— 49	— 53	— 53	— 48	— 46
April.	+ 3	— 20	— 20	— 28	— 29	— 32	— 32
May.	+ 22	+ 13	+ 11	+ 2	— 2	— 6	— 16
Junij.	+ 52	+ 38	+ 33	+ 24	+ 18	+ 11	+ 1
Julij.	+ 54	+ 42	+ 40	+ 32	+ 32	+ 26	+ 18
August.	+ 44	+ 40	+ 38	+ 34	+ 36	+ 32	+ 26
September.	+ 24	+ 22	+ 24	+ 25	+ 29	+ 28	+ 28
October.	— 12	— 16	— 13	— 7	+ 1	+ 6	+ 14
November.	— 48	— 46	— 42	— 30	— 21	— 13	— 0
December.	— 72	— 71	— 66	— 56	— 46	— 35	— 20
Mittel.	— 12	— 18	— 17	— 16	— 13	— 11	— 9

§. 674.

39-Figur Nach diesen Zahlen habe ich für die 1, 3, 4, 6 Fuß tiefen Thermometer eben so viele krumme Linien gezeichnet, die Ordinaten aber für den nur 3 Zoll tiefen durch 0 angedeutet, theils um die Figur nicht zu verwirren, theils auch, weil dieses Thermometer noch mehrere Jahre durch hätte müssen beobachtet werden, um seinen wahren mittlern Gang bestimmen zu können. Voran steht die *du CREST*sche Stufenleiter, und durch deren 0 habe ich die Abscissenlinie gezogen und die Monate oder eigentlich die mittlern Tage derselben durch die Anfangsbuchstaben angezeigt. Man sieht aus der Figur ohne Mühe, daß unter der Erde die größte Wärme und die größte Kälte desto später eintritt, je tiefer der Ort ist. Z. E. in der Tiefe von 6 Fuß fallen diese Zeiten auf den Anfang des Septembers und des Merzen. In noch größern Tiefen noch später. Wenn demnach *Mariotte* in seinen Kellern, die viel tiefer waren, nicht spätere Zeiten findet, (S. 153. 154.) so rührt dieses größtentheils daher, daß in den Zugängen zu den Kellern nicht dichte Erde, sondern Luft ist, wodurch die Wärme sich viel leichter fortpflanzt.

§. 675.

Die in der Figur gezeichneten Linien haben überhaupt eben die Gestalt, welche die für die äußere Sonnenwärme gezeichneten haben. Sie lassen sich demnach eben so durch Gleichungen von der Form

$$v = a. f(b + x) + c. f(d + 2x) + \&c.$$

vorstellig machen. Und wenn man sie nach der obigen allgemeinen Gleichung (§. 633.) berechnen will, so muß die Subtangente θ größer angenommen werden, damit die größte und kleinste Wärme später eintreffe. Der Zufluß der Sonnenwärme ist zwar ebenfalls, jedoch für gleiche Tiefe, in beständiger Proportion geringer. Dieses ändert demnach nur die für v zum Grunde liegende Einheit, weil die daher entstehende Verminderung das ganze Jahr durch nach einerley Verhältniß geschieht. Denn setzt man in der Formel (§. 631.)

$$v. e^{x:\theta} = f e^{x:\theta} q dx + \text{Const.}$$

$n q$ anstatt q , so daß n beständig ist, so erhält man

$$v. e^{x:\theta} = n. f e^{x:\theta} q dx + n. \text{Const.}$$

und damit für einerley Zeit x

$$v : v' = 1 : n,$$

wenn nemlich die Subtangente θ bereits ihren bestimmten Werth hat. Man erhält also allgemeiner (§. 633.)

$$\begin{aligned} v = & A n \theta - B n \theta. \frac{\theta \cos x - f x}{1 + \theta \theta} \\ & - C n \theta. \frac{\cos 2 x + 2 \theta f 2 x}{1 + 4 \theta \theta} \\ & + \&c. \end{aligned}$$

Und da gegen die Mitte der gemäßigten Zone, wo eben Zürich unter $47^\circ. 22'$ Breite liegt, die Coefficienten $C, D, \&c.$ sehr klein sind, (§. 634.) so wird v so ziemlich genau ein Maximum oder ein Minimum, wenn der Ausdruck

$$- \theta \cos x + f x$$

ein solches wird. Man setze $\theta = \tan z$, so ist

$$- \theta \cos x + f x = \frac{f(x - z)}{\cos z}$$

folglich $v = \text{max.}$ Wenn $x - z = 90^\circ$
und $v = \text{min.}$ Wenn $x - z = 270^\circ$

ist. Das x stelle demnach in Graden die Zeit von den Sonnenwenden bis zum Tag der größten Wärme oder Kälte vor, und $\text{tang } x = b$ giebt die Länge der Subtangente. Also bleibt für jede Tiefe $x < 90^\circ$, und so verspätigt sich die größte Wärme und Kälte in der Erde nirgends über die Zeit der Nachtgleichen.

S. 676.

Die Figur, so wie die Tafel, zeigt ferner, daß die Ordinaten sich weniger über 0 erheben als sich unter 0 vertiefen, und die Verhältniß ist so ziemlich, wie 4 zu 7. In sofern scheint das von *MICHEL* du *CREST* sogenannte *Tempéré de la terre* oder der 0 Grad seines Thermometers zu Zürich einzutreffen, ungeachtet *MICHEL* du *CREST* es in einem tiefen Brunnen zu Rochelle oder irgend dort herum hat finden wollen.