

---

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.

**I**ch habe bereits (S. 14.) angemerkt, daß das Feuer nirgends allein vorkommt, 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 unbekannten 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 Gesolge herfür. Ein Springbrunn läßt das Wasser beständig aus zwe 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, wovon 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 Ny-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 drückt. Den Versuch stellte er feyerlich vor den Gesandten

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 beschreiben. 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 vermischet 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 sechseckichte 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 weniges 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  $\frac{2000}{640}$  multiplicirt. Auf diese Art entsteht aus beyden Tafeln folgende:

Höhe des Druckes.	Höhe der Luftsäule		Unterschied
	beobachtet.	berechnet.	
29,00	12,00	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  $\delta$  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 dichte 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 mehreren 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 anschnelzen 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  $= e - \varepsilon$ , wo nemlich die Barometerhöhe  $= 336 + b$ , und die Wärme  $c$  statt findet. Unter diesen Voraussetzungen haben wir

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

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

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.

§. 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 Maas, 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  $\varphi$  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 kochen 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 Pulsschläge 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.	Pulsschläge
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  $1\frac{1}{2}$  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

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

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

$$m c = (b + 11 + y) \cdot (1243 + \frac{61}{4} y - \frac{1}{16} y y)$$

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 =  $\gamma$ , 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  $y = 1\frac{7}{10}$  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 Luftthermometern 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 Luftthermometern 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 & Notiomeres*. 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 schmilzt. 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  $\frac{1}{11}$ ,  $\frac{2}{10}$ ,  $\frac{3}{9}$ ,  $\frac{4}{8}$ ,  $\frac{5}{7}$ ,  $\frac{6}{6}$  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* Bewunderung 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 Bleues 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 <sup>3</sup> <sub>II</sub>	1155	Wasser, worinn man die Hand lange halten kannt.
17	1185	Wasser, zu warm für die Hand.
20 <sup>2</sup> <sub>II</sub>	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 <sup>4</sup> <sub>II</sub>	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 beym 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 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 Celsius eingeführten schwedischen Thermometer von Quecksilber sind, so ist es hier ebenfalls genug, wenn ich anmerke, daß Celsius 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, Celsius.	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 angefügt, 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 ungemein 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 Muschenbrück'sche 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 Reaumurschen Grad, die in Senegal bis auf den 39sten Grad gestiegen seyn ic.

## §. 133.

Auf diese Art mußten die Reaumurschen Thermometer, worunter ganz gewiß auch viele nachgemachte waren, nach und nach alle die Klägden über sich ergeben lassen, die man über die Florentinsche 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 Reaumursche, 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 Reaumurschen Quecksilberthermometer 80, dem von Weingeiste aber 93 Grade giebt, und eben daher den wahren Reaumurschen 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 Amontonschen 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 dermaligen 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- thermomet.
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 Probiersteine, 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.

S. 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 feinigem 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 unnachdrücklich, 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. Diesemach 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 (§. 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 (§. 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.

§. 149.

*Du CREST* hat 1741 das *la HIRE*sche Thermometer mit dem seinigen (§. 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* hängte 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, (§. 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. (§. 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 HIREschen 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 $\frac{1}{2}$
1671.	25. Aug.	— —	53 $\frac{1}{2}$
	15. Sept.	— —	53 $\frac{1}{2}$ und etwas mehr.
	18. Dec.	— —	52 $\frac{1}{2}$
1672.	15. Febr.	—	52 $\frac{1}{2}$
	Sept.	—	53 $\frac{1}{2}$

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 $\frac{1}{4}$
	Febr.	— 42 $\frac{1}{2}$		19. Jun.	— 48 $\frac{1}{2}$
	30. Mart.	— 47		3. Jul.	— 49
	4. April.	— 47		17. —	— 49 $\frac{3}{4}$
	14. April	— 46 $\frac{2}{3}$		31. —	— 50 $\frac{1}{4}$
	24. April	— 47 $\frac{1}{3}$		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 demnach 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 sah sich um solchs um, die mit dem bey der Societät auf gehaltenen 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 Salessischen 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 Salessische Grade so viel als 16 Fahrenheit'sche seyn. In der Kupferplatte macht Martine 60 Salessische 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 Salessische Thermometer mit dem Reaumur'schen Weingeistthermometer vergleichen. Denn da 100 Salessische 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 Salessische Grad mit dem 48sten Fahrenheit'schen oder eigentlich mit  $48\frac{1}{2}$  übereinstimmt. Denn 13 Salessische 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  $\frac{180}{5} \cdot 7,17 = 16,13$  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 ebenfals 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 Vergleichungen, 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 geheftet 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 zwen, 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 bey 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 Hitze
+ 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 Hitze.
+ 18	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 Hitze 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 mizlichen 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 Reauments 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 Reaumurischen Graden mag gewesen seyn.

§. 179.

Ich habe alle bisher angeführte Weingeistthermometer mit dem Reaumurischen 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*ischen Thermometer als solche anzusehen, die von Quecksilber gemacht werden; da hingegen die Reaumurischen 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 Reaumurische Grade herauskommen. Es passen übrigens die Reaumurische 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, Crucquius 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 zerstreuten 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 Ungewisshheiten 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 Zängellein 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 dem 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 Reaumurische 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 ziemlichermaßen 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 *le 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 Fahrenheitischen Grad. Dieses zeigt die größte Sommerhitze in einem gegen Mittag liegenden Zimmer an.

## §. 201.

Ich habe mich hiebey aufgehalten, weil Eisen Schmieds Tafel hier eine Stelle verdient, 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 Fahrenheitsche 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	—	—
Therbentinöl	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
Weinsteinöl	660	691	1,0455	
Witriolöl	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 bleyernen 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. (§. 206.) Hieraus ergiebt 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 bleyerne Schrote 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 erreicht, 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 hierzu 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 schlechtthin 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 Pendelstangen durch die Wärme, mittelst anderer Versuche zu bestimmen gesucht, um sodann eine Anwendung davon auf die daherrührende Ungleichheiten im Gange der Pendeluhren zu machen.

S. 215.

Zu diesen Untersuchungen hat *Richers* Beobachtung in *Cayenne* Anlaß gegeben. Er fand daselbst 1672, daß sein von Paris mitgebrachtes Pendel 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:

	Muschenbroek.	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 Goldmarcasit	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.

Muschenbroeck 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 beygefügt sind. Unter demselben findet sich der von schmelzenden Zinn, welcher mit dem hier nach Muschenbroeck angegebenen kann verglichen werden. Bey Newtons schmelzendem Zinn ist der 1785ste, bey dem stockenden der 1763ste Grad angegeben. Bey Muschenbroeck 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 Muschenbroeck 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. Muschenbroeck giebt den 715ten Grad an, wenn er von siedendem oder aufbrausendem (feruens) Rübsaamenöl spricht, dadurch aber versteht sich, daß es bis zum Entzündn siedend sey.

## §. 229.

Unter den erst angeführten Muschenbroeckschen 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.) Muschenbroecks 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, Muschenbroecks 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.

## Achtes 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 vermenget 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 die tägliche Ausdünstung  
von

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 Abscissenlinie *EB*, seine Zeiten aber als Ordinaten gezeichnet. Die Endpuncten der Ordinaten scheinen in zwey ziemlich verschiedenen krummen Linien *AC*, *DF* 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 *AC* 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 beim 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 beim 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 beim 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 beyträgt, 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 eingeflöshtes 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 Salzsohle 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. Sügens 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 zerreiset als geschlagenes oder zu Draht gezogenes, etwas abgehen wird.