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

Erstes Hauptstück.
Mittheilung der Wärme.

§. 249.

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

§. 250.

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

wählte dazu den 1sten Brachmonat 1751, und legte ein Weingeistthermometer, so wie es war an die Mittagssonne, um das Steigen des Weingeistes jede Minute aufzuschreiben. Ich fand aber schon nach der zweyten Minute, daß die Ausdehnung anfieng geringer zu werden, und dieses zeigte sich während den 14 Minuten, so lange ich nemlich die Beobachtung fortsetzte, immer mehr. Der Weingeist stieg in der ersten Minute $1\frac{1}{5}$ Grad, hingegen in der 13ten nur $\frac{2}{5}$ Grad. Es war nun zu offenbar, daß diese Ungleichheit nicht von der Sonne herrühren konnte, weil der Himmel gleich helle, die Luft gleich stille war, und die Höhe der Sonne sich nur unmerklich geändert hatte. Ich verfiel also ohne Mühe auf den Schluß, daß das Thermometer von der Sonne mehr Wärme erhalten habe als die Luft, weil ein im Schatten hängendes Thermometer während den 14 Minuten nur unmerklich gestiegen war. Da ich nun wußte, daß ein Körper in der Luft erkältet, so bald er wärmer als die Luft ist, so war es mir sehr begreiflich, warum die Ausdehnung des Weingeistes nicht in jeder Minute um gleich viel zugenommen, sondern immer mehr zurück geblieben. Das Thermometer verlor wieder von der Wärme, die es an der Sonne erhielt. Ich machte auch sogleich den Schluß, daß es in jeder Minute destomehr verlohr, je mehr es schon hatte. Dieser Schluß bot mir zugleich ein Mittel an, über die vorlorne Wärme Rechnung zu tragen, sie zu der noch übrigen zu addiren, und dann zu sehen, ob die Summe der Zeit proportional seyn würde. Ich wiederholte also den Versuch, und setzte ihn längere Zeit fort, stellte auch andere an, wobey ein erwärmtes Thermometer am Schatten schlechthin nur erkältete. Ich fand aber, daß die Erfahrung mit dem, was diese Schlüsse und nach denselben angestellten Rechnungen angaben, nicht ganz eintreffen wollte. Da ich aber die Schlüsse als richtig genug ansahe, so untersuchte ich die Umstände des Versuches genauer, und urtheilte, daß ich daß Thermometer vom Brettchen wegnehmen, oben die Röhre öfnen, und es so legen müsse, daß die Kugel nichts berühre. Der Versuch wurde auf diese Art wiederholet und traf mit der Rechnung besser ein. Einige dieser Versuche habe ich in den *Actis Helvet. Tom. II.* bekannt gemacht.

§. 251.

Unter den hier erzählten Sätzen ist nun fürnemlich derjenige näher zu betrachten, welcher will, daß die Wärme, welche ein erkältender Körper in jeder Minute verliert, der Wärme, die er hat, proportional seyn. Dieser Satz ist das erste Grundgesetz von der Mittheilung der Wärme. Es schien so natürlich und ungezwungen, daß ich damals gar nicht daran dachte, ob es bewiesen werden müsse. Als ich mir nachgehends *Newtoni Opuscula* anschaffete, so fand ich, daß Newton bey Anlaß seiner oben (§. 105.) zum Theil angeführten Stuffenleiter eben dieses Gesetz gebraucht hat, um auch solche Grade der Wärme zu bestimmen, wozu sein Leinölthermometer nicht hinreichte. Newton nimmt das Gesetz, ohne fernern Beweis, als an sich einleuchtend an, und gebraucht es, um daraus und aus seinen Versuchen herzuleiten, daß die Ausdehnung des Leinöles mit den Graden der Wärme zu gleichen Schritten gehe.

§. 252.

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

§. 253.

Amontons findet endlich, daß aus Newtons Satz folge, ein erkältender Körper verliere seine Wärme in geometrischer Progreßion, so daß, wenn er in einer gewissen Zeit die Hälfte verloren, er in dem nächstfolgenden gleich großen Zeitraume noch $\frac{1}{4}$, dannoch $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{16}$ 2c. übrig behalten werde. Dieses sagte auch Newton ausdrücklich genug. Aber Amontons fand viele Zweifel. Und diese mögen ihn verhindert haben, die Sache auf einen Versuch ankommen zu lassen. Er starb übrigens wenig Zeit nachher. Martine verstund Newtons Satz, ohne so viele Schwierigkeiten zu machen. Indessen glaubte er doch, daß es gut seyn werde, den Satz durch Versuche zu prüfen. Und da er theils die von Muschenbroek, theils seine eigene Versuche mit dem Satze verglich, so glaubte er gefunden zu haben, daß von Newtons geometrischer Progreßion eine arithmetische müsse abgezogen werden. Barnaart in einer 1772 zu Utrecht gehaltenen Disputat. inaugural. fand bey ähnlichen Versuchen diese Verbesserung gut, hingegen schien sie ihm weniger gut, und Newtons Satz richtiger als er die Versuche einfacher machte. Richmann in *Comm. Nov. Acad. Petrop. T. I.* giebt seinen Versuchen zufolge dem Newton mehr Beyfall. Martine beruhiget sich übrigens nicht damit, daß Newton seinen Satz nur scheint geglaubt zu haben. Er forschet daher nach, und findet in Newtons *Principiis*, daß eine geometrisch-abnehmende Progreßion statt findet, wenn ein bewegter Körper einen seiner Geschwindigkeit proportionalen Widerstand leydet. Es ist aber gewiß genug, daß Newton sich gar nicht in Sinn kommen lassen, von diesem bloß hypothetisch berechneten Widerstand eine Anwendung auf die Wärme zu machen.

§. 254.

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

§. 255.

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

§. 256.

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

§. 257.

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

§. 258.

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

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

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

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

und

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

§. 259.

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

§. 260.

Newton hat nun bey Anlaß des Cometen von 1680 ebenfalls schon auf diese Geschwindigkeit der Erkältung Rücksicht genommen. Er setzt die Menge Wärme y, so im Körper ist, richte sich nach dem körperlichen Raume, dahingegen die Menge d y, welche in jedem Zeittheilchen ausfleußt, sich nach der Oberfläche richtet. Folglich sey bey einer Kugel, y wie der Würfel, d y aber wie das Quadrat des Diameters, also gebrauche eine größere Kugel zum Erkälten destomehr Zeit, je größer ihr Diameter ist, weil sie gerade, wie der Cubus, und umgekehrt, wie das Quadrat des Diameters sey. Indessen vermuthete Newton, es möchte hievon etwas abgehen, und wünschte, daß jemand deswegen Versuche anstellen möchte. Martine hat nun solche Versuche angestellt, und daraus gefunden, daß Newtons Gedanken ziemlich richtig sind. Es sind aber die Martinesche Versuche hiezu nicht einfach genug. Er goß Wasser in Porcellangefäße, und in das Wasser stellte er Quecksilberthermometer. Hier ist also Porcellan, Wasser, Glas und Quecksilber, also 4 Körper, anstatt eines einzigen. Newtons Satz läßt sich an sich als richtig erkennen, nur muß man dabey annehmen, daß die Wärme im Körper gleich vertheilt sey. Dieses hat aber nur bey sehr kleinen Kugeln statt. Bey Kugeln von der Größe der Himmelskörper, worauf Newton sein Augenmerk richtete, möchte eine merkliche Ausnahme statt finden. Wir sehen auf der Erde, daß die größte Sommerhitze sehr wenig in die Tiefe eindringet, so daß die Keller schon das ganze Jahr durch eine merklich gleiche Temperatur behalten. (§. 152 — 156.) Bey kleinen Kugeln, wie die von Thermometern, läßt sich der Satz eher anwenden, und so will er eigentlich sagen, daß die **Erkältungs-Subtangente 7 in Verhältniß des Diameters der Kugel größer oder kleiner sey, wenn übrigens die Kugel von einerley Materie ist, und in einerley flüßigen Materien erkältet oder erwärmt wird.** Bey Körpern von andern, jedoch nicht allzu irregulären Figuren, kann man überhaupt betrachtet, und wenn man eben nicht die äußerste Schärfe sucht, annehmen, daß die **Erkältungs-Subtangente 7 in gerader Verhältniß des körperlichen Raumes und in umgekehrter Verhältniß der Oberfläche sey, und zwar unter der eben angeführten Bedingung gleicher Materien.**

§. 261.

Als ich im Jenner 1773 einige Thermometergläser mit Weingeist füllte, so nahm ich mit einem derselben, ehe ich die Röhre oben zuschmolz, den Versuch nochmals vor, wodurch ich ehemals den Satz von der logarithmischen Erkältung geprüft hatte. Zugleich wollte ich auch bestimmen, wie sich die Erkältungs-Subtangente zu dem Diameter der Kugel verhalte. Ich heftete die Röhre an ein hölzernes Stäblein, worauf bereits eine Stuffenleiter von einem ehemaligen Thermometer geleimt war, so daß die Kugel das Stäblein nicht berührte, sondern zween Zolle davon abstund. Ich fand nachgehends, daß die Stuffenleiter nicht ganz genau zu dem neuen Thermometer passete, sondern 29 Grade derselben, 31 Reaumurische Weingeistthermometer-Grade betrug. Dieses hat hier, wo es nur auf die Verhältnisse ankömmt, nichts zu sagen, weil die Reaumurschen Grade ebenfalls willkührlich sind. Ich werde demnach die beobachtete Grade nicht erst in Reaumursche verwandeln, sondern sie so hersetzen, wie ich sie beobachtet habe. Ich legte erst das Thermometer auf den Ofen und zwar den 30sten Januar 1777, Nachmittags um 1 Uhr, zu einer Zeit, da die Stube das Maximum ihrer Wärme erreichte. Nachdem es bis zum 39, 4 Grad gestiegen, legte ich es vor die Penduluhr, wo ein Tischgen gestellt war auf ein Buch, so daß die Kugel hervor stund, und weder das Buch, noch den Tisch berührte. Das Zimmer war währendes Versuches geschlossen, damit nicht etwa durch Oeffnung der Thür die Luft erkältete. Das Thermometer, vor welchem ich ganz stille sitzen blieb, beobachtete ich nach Verlauf einer jeden Minute, und fand, daß es folgendermaaßen fiel.

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

Weiter setzte ich den Versuch nicht fort, weil das Thermometer anfieng so langsam zu fallen, daß die Aenderung der Wärme im Zimmer, die eben nicht stundenlang gleich bleibt, in das fernere Fallen des Weingeistes einen zu merklichen Einfluß haben konnte. Ich werde demnach setzen, daß es bey gleich bleibender Wärme in allem um Y Grade würde gefallen seyn. Nun fiel es in den 28 Minuten $39,4 - 16,2 = 23,2$ Grade, und in der ersten Hälfte dieser Zeit $39,4 - 20,4 = 19,0$ Grade. Demnach war der Ueberschuß der Wärme für

$$\tau = 0' \quad y = Y$$
$$14 \quad y = Y - 19,0.$$
$$28 \quad y = Y - 23,2.$$

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

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

woraus

$$Y = 24,4$$

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

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

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

$$\gamma = 15,0 + \text{nl}\,[1,390940 - 0,047036\,\tau]$$

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

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

Man

Man sieht hieraus, daß die Rechnung nur bey der ersten Ordinate 2 Decimaltheile mehr, bey den übrigen aber nur zuweilen 1 Decimaltheil mehr oder weniger giebt, bey den meisten aber mit der Erfahrung ganz eintrift. Der Diameter der Kugel beträgt 9,3 Linien Pariser Maaß. Da nun die Subtangente 7=9,233 Minuten ist, so sahe ich, daß, so fern die Subtangente in Verhältniß des Diameters der Kugel ist, (§. 260.) für jede Linie Diameter der Kugeln der Weingeistthermometer 1 Minute Zeit für die Subtangente gerechnet werden kann, wenn nemlich das Thermometer in der Luft erkältet. Eine mehr oder weniger dicke und feuchte Luft mag übrigens hiebey einigen Unterschied machen.

§. 262.

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

$$y = 13,0 + nl\,[1,61805 + 0,04972.\,\tau]$$

berechneten, in folgender Tafel hersetzen:

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

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

§. 263.

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

§. 264.

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

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

§. 265.

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

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

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

§. 266.

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

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

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

§. 267.

Da man die flüßigen Materien nicht anders als vermittelst der Gefäße bestimmte Figuren geben kann, so läßt sich besonders auch die Erkältungs-Subtangente der Luft nicht anders als mittelst der Gefäße bestimmen. Ich finde aber, daß sie so klein ist, daß man sie so gut als für nichts zu achten hat. Wenn ich die Kugel des im 91sten §. beschriebenen Luftthermometers in der Hand halte oder in warmes Wasser setze, so bewegt sich die kleine Quecksilbersäule in der Röhre augenblicklich so schnell, daß man ohne Mühe sieht, die zur völligen Erwärmung der Luft in der Kugel erforderliche Zeit betrage, bloß deswegen etliche Secunden, weil das Glas der Kugel so viel Zeit braucht erwärmt zu werden. Die Quecksilbersäule läuft mit einer wirklich beschleunigten Bewegung von dem ersten Augenblicke an, und wenn das Wasser sehr warm ist, so fährt sie mit ziemlicher Geschwindigkeit zur Röhre heraus, so bald die Kugel ins Wasser kömmt. Nehme ich hingegen die Kugel des im §. 81. und folgenden beschriebenen Luftthermometers in die Hand, oder stelle sie in warm Wasser, so steigt das Quecksilber in der Röhre ebenfalls in wenigen Secunden schnell aufwärts, hernach fährt es fort ganz langsam zu steigen. Nemlich in den ersten Secunden erhält die Luft in der Kugel schon alle Wärme. Da aber das unten in der Kugel liegende Quecksilber viel langsamer erwärmt wird, so benimmt es auch der Luft einen Theil ihrer gleich Anfangs erlangten Wärme, bis es endlich auch die Wärme des Wassers erlangt hat. Diese Schnelligkeit, womit die Wärme sich in der Luft ausbreitet, macht, daß die Luft aller Orten gerade nur die Wärme der Körper hat, welche sie berühret, und daß, wenn die Erde und andere Körper die Wärme der Sonne nicht besser aufbehielten, als die Luft, wir von der Sonnenwärme wenig würden zu genießen haben. Da ferner alle andere Körper in der Luft so langsam erwärmen und erkälten, so ist dieses der Grund, warum dünne Fenstergläser die Wärme in der Stube zurück halten, und besonders, warum die Wirkung doppelt wird, wenn doppelte Fenster sind. Man begreift eben so, daß ein Zimmer wärmer bleibt, wenn die Wärme sich durch Tapeten oder Getäfel den Weg in die Mauer bahnen muß. Man begreift eben so auch, warum das Wasser uns kälter zu seyn scheint als gleich kalte Luft? Denn die Erkältungs-Subtangente ist in der Luft 8 bis 10mal größer als im Wasser, und so verlieren wir in der ersten Secunde im Wasser 8 bis 10mal mehr Wärme als in der Luft.

§. 268.

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

Zweytes Hauptstück.

Erwärmung und Erkältung in zusammengesetzten Fällen.

Erster Abschnitt.

Erwärmung am Feuer und an der Sonne.

§. 269.

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

§. 270.

Es sey also y die Wärme, die der Körper nach Verfluß der Zeit τ hat; seine Erkältungs-Subtangente sey 7, und in jedem Zeittheile $= 1$, erhalte derselbe von dem Feuer n Grade von Wärme, so wird $n\,d\tau$ die Wärme seyn, welche er in dem Zeittheilchen $d\tau$ erhält. Da er aber y Grade wärmer ist als die ihn umgebende Luft, so wird er $y\,d\tau : 7$ Grade in eben dem Zeittheilchen wiederum verlieren. Folglich wird die Wärme, die er behält

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

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

$$y = n\,7$$

so der Körper erhält, bestimmen kann, wobey man, wenn n veränderlich ist, denjenigen Werth nehmen muß, welcher zur Zeit der größten Erwärmung statt findet. Die größte Wärme ist sodann derjenigen gleich, die der Körper in der Zeit 7 erhalten würde, wenn er inzwischen nicht wieder erkältete.

§. 271.

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

$$y = n\,7 - (n7 - Y).\,e^{-\tau : 7}$$

wo Y die anfängliche Wärme vorstellt. Man sieht demnach, daß die Erwärmung logarithmisch und durchaus eben, die ist, welche statt haben würde, wenn die Luft die Wärme n 7 hätte, und der Körper in derselben erwärmt würde.

§. 272.

Wenn mehrere Körper von einerley Materie und Figur sind, und nur der Größe nach, sich von einander unterscheiden, so wird für jeden der Werth von n in gerader Verhältniß, der gegen das Feuer gekehrten Fläche und in umgekehrter Verhältniß seines körperlichen Raumes seyn. Hingegen ist die Erkältungs-Subtangente 7 gerade wie der Raum, und umgekehrt, wie die ganze Oberfläche. Da nun das Maximum der Wärme = n 7 ist, so folgt, daß wenn bey allen solchen Körpern, die dem Feuer ausgesetzten Flächen der ganzen Oberfläche proportional sind, sie sämmtlich einerley Grad der Wärme erhalten werden. Der Unterschied wird nur seyn, daß die größern Körper diesen Grad langsamer und später erhalten. Ich verstehe übrigens, daß sie in gleicher Entfernung von dem Feuer stehen, so daß die Feuerstralen in gleicher Dichtigkeit auf ihre Oberfläche fallen. Denn sonst müßte der daher rührende Unterschied mit in die Rechnung gezogen werden.

§. 274.

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

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

§. 274.

Den 23sten May 1772 um Mittag, legte ich drey Weingeistthermometer an die Sonne. Zwey waren mit Brasilienholz roth gefärbt, und die Diameter ihrer Kugeln waren $9\frac{3}{4}$ und $6\frac{2}{3}$ Linien Rheinl. Maaßes. In dem dritten war der Weingeist gar nicht gefärbt, sondern crystallhelle. Der Diameter der Kugel betrug $9\frac{2}{3}$ Linien. Ein viertes Thermometer legte ich nächst dabey an Schatten. Als die an der Sonne liegenden das Maximum ihrer Wärme erreicht hatten, fand ich

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

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

§. 275.

Den 14ten Brachmonat um halb 12 Uhr, wiederholte ich den Versuch, und legte noch ein Quecksilberthermometer mit an die Sonne, dessen Kugel $9\frac{2}{3}$ Linien Rheinl. im Durchschnitt hatte. Als sie das Maximum ihrer Wärme erreicht hatten, war

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

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

§. 276.

Hierauf tauchte ich den 15ten Brachmonat das nicht gefärbte Weingeistthermometer mehrmalen in Dinte und ließ es jedesmal trócknen, und so wurde es mit einer schwarzen undurchsichtigen Kruste überzogen. Das kleinere Rothgefärbte übertünchte ich mit sehr weißem Kalke, so daß die Kugel nunmehr $7\frac{1}{2}$ Linien Durchmesser hatte. Ich legte sie sogleich um 10 Uhr Vormittags an die Sonne, und fand nach 11 Uhr

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

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

§. 277.

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

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

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

§. 278.

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

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

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

§. 279.

Der Weingeiſt in der Kugel des unbeſtrichenen Thermometers ſahe dunkelroth aus, war aber doch noch durchſichtig. Die Kugel des Queckſilberthermometers war ehemals vom Rauche etwas angelaufen, ſo daß das Queckſilber nicht ganz glänzendweiß durchſchien, und folglich etwas weniger Sonnenſtralen zurückfielen. Da ferner die Queckſilbergrade um etwa $\frac{1}{5}$ größer ſind, (§. 124.) ſo können in dem letzten Verſuche ſtatt der 7, 2 Queckſilbergrade $8\frac{1}{2}$ Weingeiſtgrade gerechnet werden. Das weißbeſtrichene Thermometer war wie die weißeſte Mauer, das will ſagen, ſo weiß es immer ſeyn konnte.

§. 280.

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

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

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

§. 281.

Ob nun in dem Kalke ein beſonderer Grund iſt, daß das übertünchte Thermometer an der Sonne ſo gar wenig ſtieg, das läßt ſich gewiſſermaaßen vermuthen. Ich habe bereits vorhin angeführt, daß, als der Kalk noch feucht war, das Thermometer an der Sonne nicht ſtieg, ſondern fiel (§. 276.) Man weis schon längst, daß, wenn auf die Kugel eines Thermometers Wasser gegossen wird, das gleiche Wärme mit der Luft hat, das Thermometer fällt. Den 24sten Junii 1772 stellte ich ein Thermometer in Wasser, welches mit der Luft gleiche Wärme hatte. Als ich es heraus zog, ohne die Kugel abzutröcknen, fiel es von 19,8 Gr. auf 18. Ich goß einige Tropfen Wasser auf die Kugel, und der Weingeist fiel bis auf den $16\frac{1}{2}$ Grad, aber nicht weiter. Es erhellet hieraus, daß bey dem Auströcknen nicht nur Wasser, sondern auch Wärme wegfährt, und zwar mehr Wärme als das auströcknende Wasser an sich schon hatte. Als ich den 24sten Jun. das den 15ten übertünchte mit Zinnober bestriche, wodurch es wieder feucht wurde, fiel der Weingeist vom 19ten auf den 15ten Grad, und stieg dann so langsam wieder, daß es erst nach 6 Stunden die Wärme der Luft erreichte. An eben dem Tage hatte ich ein ander Weingeistthermometer übertüncht. Als es Nachmittags um 4 Uhr trocken war, tauchte ichs 20 Secunden lang in Wasser. Während dieser kurzen Zeit fiel es von $20\frac{1}{2}$ Gr. auf 20 Gr. Als ich es herausgezogen, fiel es in Zeit von 12 Minuten auf 15,2 Grad, da es wieder anfieng sehr langsam zu steigen. Man kann hieraus schließen, daß feuchte Mauern kälter sind, als trockene. Da der Kalk die Feuchtigkeit leicht annimmt, so mag dieses ein Grund seyn, der das übertünchte Thermometer verhinderte mehr zu steigen als es gestiegen ist. Ich habe in der Photometrie durch Versuche bestimmt, daß das weiseste Bleyweis nur $\frac{2}{5}$ von den auffallenden Sonnenstralen reflectirt, folglich $\frac{3}{5}$ hineindringen. Wenn demnach in das überschwärzte Thermometer alle auffallende Sonnenstralen eingedrungen wären, so müßte, da es 14,4 Grad gestiegen, das übertünchte $\frac{3}{5} \cdot 14,4 = 8,6$ Grade gestiegen seyn. Es stieg aber nur $3\frac{1}{2}$ Grad, demnach über die Hälfte weniger. Es kann nun auch seyn, daß, da der Kalk mehr Zwischenräumchen hat, die Wärme wiederum leichter daraus weggeht. Dadurch wird die Erkältungs-Subtangente kürzer, und das Maximum der Wärme geringer.

§. 282.

Da bey einerley Thermometer die Erkältungs-Subtangente γ in der Luft sich nur in Absicht auf ihre Feuchtigkeit und Dichtigkeit, und damit überhaupt betrachtet, wenig ändert, so richtet sich das Maximum der Wärme an der Sonne $n\gamma$, fürnemlich nach der Dichtigkeit der auffallenden Sonnenstralen. Dieser Umstand gab mir längst schon Anlaß zu verschiedenen Versuchen. Den 21sten Jul. 1755. legte ich ein Thermometer an die Sonne, und beobachtete mehrere Minuten lang, wie es stieg. Als ich es wieder in Wasser erkältet und getröcknet hatte, legte ich es hinter ein Spiegelglas, durch welches die Sonne senkrecht schien. Nachgehends eben so hinter zwey Gläser, und dann hinter drey Gläser. Dieses war, um zu sehen, wie viele Sonnenstralen durch die Gläser würden aufgefangen werden. Endlich ließ ich die Sonne unter einem Einfallswinkel von 30 Graden durch eines dieser Gläser auf das Thermometer scheinen: und zuletzt richtete ich die unter einem Winkel von 30 Graden auf das Glas und von demselben zurückfallenden Sonnenstralen auf das Thermometer; und beobachtete jedesmal, wie viel es von halben zu halben Minuten stieg. Damit über diesen Versuchen nicht zu viel Zeit vergieng und die Sonnenhöhe sich nicht zu merklich änderte, konnte ich nicht abwarten, bis das Thermometer jedesmal das Maximum seiner Wärme erreicht hatte. Es war auch überhaupt schon genug, wenn ich die anfängliche Geschwindigkeit bestimmte. Den Erfolg enthält folgende Tafel:

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

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

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

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

§. 283.

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

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

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

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

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

§. 284.

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

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

§. 285.

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

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

$$y = n\,7 - (n\,7 - Y) \cdot e^{-\tau : 7}$$

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

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

Aus diesen beyden Gleichungen folgt

$$y = n\,7 \cdot \left(1 - e^{-\tau : 7}\right) : \left(1 - e^{-(\tau + z) : 7}\right)$$

Demnach

$$y < n\,7.$$

Es ist aber $n\,7$ die Wärme, so der Körper erhalten würde, wenn er in einem fort an dem Feuer oder an der Sonne gelassen würde. Man sieht demnach, daß er bey dem abwechselnden Erwärmen und Erkälten diesen Grad der Wärme nicht erreichen kann. Und daraus folgt hinwiederum, daß eine geringere Kraft des Feuers oder der Sonne, wenn sie beständig auf den Körper wirkt, demselben eben so viele Wärme mittheilen kann, als eine stärkere Kraft, die nur wechselsweise auf den Körper wirket. Man kann hievon einige Anwendung auf die Erwärmung der Zimmer durch Oefen machen. Auch läßt sich daraus begreifen, daß in den Polarländern fortdauernder Sonnenschein die Erde eben so gut wärmt, als sie zwischen den Wendekreisen erwärmt wird, wo zwar die Sonne des Mittags viel höher geht, dagegen aber nicht viel über 12 Stunden über dem Gesichtskreise bleibt. Ich habe übrigens in dieser Berechnung die Zeiten τ, z beständig gleich angenommen, um die Rechnung einfacher zu machen, und um zu zeigen, was in diesem einfachsten Fall statt findet. In den Pariser Memoires 1719. erzählt Mairan einen hieher gehörenden Versuch. Er brachte 12 Unzen Wassers in einem irdenen Topfe am Feuer, in weniger als 17 Minuten Zeit zum sieden. Hingegen gebrauchte es etwas über 28 Minuten Zeit, als er eben so viel Wasser in eben dem Topfe und eben dem Feuer wechselsweise 4 Minuten lang aussetzte und 2 Minuten lang entzog. Als er es aber wechselsweise 2 Minuten aussetzte und 4 Minuten lang entzog, konnte er das Wasser nicht zum sieden bringen. Die Luft soll temperirt gewesen seyn. Es wurde aber kein Thermometer dabey gebraucht, und

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

§. 286.

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

§. 287.

Die Sonne wird oft durch Wolken, theils wechselsweise, theils auch den ganzen Tag über bedeckt. Das letztere verursachet aber keine gänzliche Entziehung der Sonnenwärme. Das Sonnenlicht wärmet, auf welche Art es immer auf die Körper fällt, und daher auch unter der Gestalt des bloßen Tageslichtes. Ich habe in der Photometrie (§. 985.) gewiesen, daß eine Ebene, die von dem ganzen Himmel beleuchtet wird, bey mäßigen Sonnenhöhen ungefähr $\frac{1}{5}$ von demjenigen Lichte erhält, das sie erhalten würde, wenn die Sonne senkrecht sie beleuchtete und keine Sonnenstralen von der Luft aufgefangen würden. Da aber die Luft selbst bey großen Sonnenhöhen, wenigstens $\frac{2}{5}$ Stralen auffängt, so daß nur noch $\frac{3}{5}$ auffallen; (Photom. §. 886.) so verhält sich die Beleuchtung der Ebene vom ganzen Tageslichte zu ihrer Beleuchtung von der Sonne, wie $\frac{1}{5}$ zu $\frac{3}{5}$, folglich wie 1 zu 3. Es folgt hieraus, daß bey trübem Wetter das Thermometer unter Tagen noch immer $\frac{1}{3}$ so viel steigen kann, als es steigt, wenn die Erde von der Sonne unmittelbar beleuchtet und erwärmt wird. Man findet dieses auch durch die Erfahrung bekräftigt, wenn man abrechnet, was warme oder kalte Winde und Regen an dieser Regel ändern können. Das Thermometer steht auch an trüben Tagen des Nachmittags höher als des Morgens.

§. 288.

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

von	an der Sonne.	im Schnee.
Eisen	0,266	0,100 Linien.
Stahl	0,249	0,137
Kupfer	0,390	0,180
Meßingbleche	0,320	0,210
meßingne Stange	0,410	——

Der Versuch an der Sonne wurde mehrmal wiederholet, und der Erfolg war ziemlich ungleich. Z. E. die Ausdehnung des Kupfers war einmal 0,340, ein andermal 0,440. Man kann nicht sagen, daß dieses von der ungleichen Durchsichtigkeit der Luft herrühre. Denn die zu gleicher Zeit an die Sonne gelegte eiserne Stange dehnte sich beydemal um gleich viel, nemlich 0,266 aus. Vielleicht hatte man auf den Einfallswinkel nicht so genau gesehen. Die Stangen mögten wohl nicht polirt gewesen seyn, hingegen mag das Meßingblech wohl noch einigen Glanz gehabt haben. Ein glänzendes Metall wirft aber mehr Sonnenstralen zurück. Daher scheint auch das Blech weniger als die meßingne Stange erwärmt worden zu seyn. Es läßt sich aber überhaupt aus diesen an der Sonne angestellten Versuchen nichts zuverläßiges schließen. Aus den Versuchen im Schnee sind die in der Tafel (§. 217.) in der 4ten Columne angesetzten Ausdehnungen hergeleitet. Denn wenn z. B. in der Nähe des Frierpunctes durch 10 Reaumursche Grade von Wärme ein 6 Fuß langes Eisen um $\frac{1}{10}$ Linie ausgedehnt wird, so beträgt diese Ausdehnung $\frac{1}{8640}$ der ganzen Länge. Nun sind an dem wahren Reaumurschen Thermometer die Grade des Weingeistes denen von Quecksilber gleich (§. 131.) folglich kann die für 10 Grade gefundene Ausdehnung des Eisens 8fach genommen, die Ausdehnung desselben vom Frier- zum Siedepunct gut genug angeben. Es bleibt also nur noch der Zweifel, ob das von D. Juan, so wie auch die von seinen Reisegefährten Ulloa, Condamine, Bouguer, und Godin gebrauchten Reaumurschen Thermometer, wahre Reaumursche Thermometer gewesen sind. Dieser Zweifel ist nicht unerheblich. (§. 132. 217.)

§. 289.

Wenn in der allgemeinen Formel (§. 270.)

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

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

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

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

§. 290.

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

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

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

$$y = a\gamma - b\gamma\gamma + \gamma b\tau - (a\gamma - b\gamma\gamma - Y).\,e^{-\tau:\gamma}$$

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

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

folglich schlechthin nur

$$y = ab - b\gamma\gamma + \gamma b\tau$$

seyn. Seine Wärme würde demnach in arithmetischer Progreßion zunehmen.

§. 291.

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

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

oder wenn man $e^{-\tau:\gamma}$ in eine Reyhe auflöset

$$y = a\gamma + \tfrac{1}{2} b\tau^2 - \text{ꝛc.}$$

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

§. 292.

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

§. 293.

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

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

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

Zweyter Abschnitt.

Erwärmung eines Körpers durch einen andern.

§. 294.

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

§. 295.

Da die Wärme sich bey größern Körpern nicht augenblicklich durch dieselben verbreitet, so kömmt man, wenn beyde flüßig und von nicht gar zu ungleicher Schwere sind, am besten fort, wenn man sie zusammen gießet und umrühret. Ich habe bereits oben (§. 96.) erwähnt, daß man solche Mischungen von warmen und kalten Wasser vorgeschlagen hat, um das Thermometer nach gleichen Graden von Wärme einzutheilen. Boerhave ohne sich diese Absicht vorzusetzen, erzählt, daß wenn er gleich viel siedend Wasser und frierendes zusammen mischte, die im kalten noch übrige Wärme gleichsam verloren gieng. Das siedende hatte nemlich 212 Gr., das frierende 32 Gr. Wärme nach dem Fahrenheitschen Thermometer. Der Unterschied ist 180 Grad. Davon sollten 90 in das frierende Wasser übergehen, und 90 in dem so siedend war, blieben, und folglich sollte die Mischung $32 + 90 = 122$ Gr. Wärme erhalten. Boerhave fand nur 90. Kraft stellte den Versuch ebenfalls an und fand nur 108. Wenn man aber nicht auf alle Umstände Acht giebt, so kann man einen jeden beliebigen Grad finden. Man habe z. E. das kalte Wasser in einem Kessel von dickem Metall, das warme in einem Gefäße von dünnem Bleche. Man gieße dieses in jenes, so verliert es schon beym Eingießen einen Theil seiner Wärme. Von der übrigbleibenden theilet es nicht nur dem kalten Wasser, sondern auch dem dicken Metall des Kessels mit. Stellt man sodann ein Thermometer hinein, welches kälter als die Mischung ist, so nimmt das Thermometer selbst noch etwas Wärme weg, und überdies gebraucht es Zeit, ehe das Thermometer die gehörige Wärme erlangt. Inzwischen erkältet die Mischung. Man wird also das, was man suchte, weit verfehlen, besonders wenn man nur wenig Wasser zusammen mischet. Boerhave spricht von einem Pfund. Kraft mag vielleicht mehr genommen haben. Richmann erinnert ausdrücklich, man müsse auf die Gefäße mit Rücksicht nehmen, und so werde man finden, daß der Ueberschuß der Wärme durch die ganze Masse der Mischung vertheilt, in Verhältniß der ganzen Masse zur Masse des wärmer gewesenen Wassers geringer werde. Die umständlichste Versuche hierüber findet man beym *de Luc*. Er setzt aber in der Anwendung, die er davon machet, voraus, daß wenn in gleich viel Wasser doppelt mehr Feuertheilchen sind, die Wärme doppelt größer seyn werde, daran mag wohl nicht viel fehlen. Indessen wenn man gleich viel nach dem Gewichte oder nach dem Raume nimmt, so macht unstreitig die Ausdehnung des Wassers durch die Wärme hiebey einigen Unterschied, welches sich vom Frierpunct bis zum Siedepunct auf den $\frac{1}{23}$ Theil des Ganzen erstrecket. Sodann kann man durch das Wort Wärme die Dichtigkeit der Feuertheilchen verstehen; man kann aber auch ihre Kraft dadurch verstehen, und da muß man erst nachsehen, wiefern Kraft und Dichtigkeit zu gleichen Schritten gehen. Der Unterschied mag geringe seyn. Ich führe dieses aber an, weil Herr *de Luc* gerade auf solche geringe Unterschiede in seinen Versuchen Rücksicht nimmt. Seine Absicht war nicht, die Wärme der Mischung nach dem Thermometer zu schätzen, sondern vermittelst jener die Eintheilung von diesem zu berichtigen.

§. 296.

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

§. 297.

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

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

Und dieses ist die erste Gleichung.

§. 298.

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

§. 299.

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

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

Und dieses ist die zweyte Gleichung.

§. 300.

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

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

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

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

$$a\, a - (7 + \theta + m\theta).\, a + \theta 7 = 0$$

ausgedruckt werden, demnach

$$= \frac{7 + \theta + m\theta}{2} \pm \sqrt{[- \theta 7 + \tfrac{1}{4}(7 + \theta + m\theta)^2]}$$

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

$$C = \frac{a - 7}{a}.\, A.$$

$$D = \frac{b - 7}{b}.\, B.$$

und

$$A = \frac{(7 - b)\, a\, Y + abZ}{(a - b)\, 7}$$

$$B = \frac{(a - 7)\, b\, Y - abZ}{(a - b)\, 7}$$

Y

§. 301.

Ich habe in dem zweyten Bande von den *Actis helvet.*, welcher 1755. herausgekommen, denjenigen Fall besonders vorgenommen, und mit einem Versuche verglichen, wo der äußere Körper vielmal größer als der innere war. Ich stellte nemlich ein Thermometer in eine Schüssel voll warmen Wassers, die Schüssel selbst aber auf ein Gestelle von Drat. Denn wenn ich es unmittelbar auf den Tisch gestellt hätte, so würde der Tisch erwärmt worden seyn, und die Erkältung des Wassers würde einem ganz andern Gesetze gefolgt haben, als demjenigen, zu dessen Bewährung ich den Versuch anstellete. Der Erfolg gab auch, daß nur in den ersten Minuten einige Unterschiede von $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{5}$ Grad vorkamen, von da an aber der Unterschied der Erfahrung und Berechnung nie ein $\frac{1}{10}$ Grad betrug, sondern mehrentheils noch geringer war.

§. 302.

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

§. 303.

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

§. 304.

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

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

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

$$42 . 57 . w = 42 . 31 . w + 61 . 31 . q$$

Hieraus folgt

$$26.42.\,w = 31.61.\,q$$

oder

$$4\,w = 7\,q$$
$$w : q = 7 : 4$$

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

§. 305.

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

$$(30 - 18).\,35.\,q = 3.\,59.\,w + 3.\,35.\,q$$
$$105\,q = 59\,w$$

welches

$$w : q = 105 : 59$$

oder beynahe wiederum = 7 : 4 giebt.

§. 306.

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

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

folglich

$$1001.\,v = 1616.\,q$$

oder beynahe

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

§. 307.

Den 28sten August 1767. stellte ich ein Weingeistthermometer, welches 29,3 Grad Wärme hatte, in Wasser von 17 Grad Wärme. Es fiel in demselben sehr schnell, bis zum 20, 5 Grad, von da an aber sehr langsam. Der Raum des Weingeistes war zu dem vom Wasser, wie 285 zu 581. Demnach haben wir

$$(29{,}3 - 17) \cdot 286\,v = (20{,}5 - 17) \cdot (286\,v + 867 \cdot w)$$

folglich sehr nahe

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

§. 308.

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

§. 309.

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

§. 310.

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

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

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

§. 311.

Ich habe oben (§. 263.) bereits angezeigt, daß ich bey Quecksilberthermometern die Erkältungs-Subtangente um etwa $\frac{2}{7}$ kürzer gefunden als die von Weingeistthermometern, deren Kugeln gleiche Größe haben. Die bisher (§. 304. 308.) angeführten Versuche mögen nun zur Erklärung dienen. Zu diesem Ende bemerke ich, daß, wenn beyde Thermometer in der Luft erkälten, die Feuertheilchen nicht unmittelbar aus dem Weingeiste und dem Quecksilber in die Luft gehen. Sie müssen vorerst durch das Glas der Kugel sich den Weg bahnen. Dabey hat nun der Uebergang aus dem Quecksilber und Weingeist in das Glas 8 bis 10mal weniger Schwierigkeit als aus dem Glase in die Luft (§. 263. 266.) Dieses macht, daß das Glas die Wärme des Quecksilbers und des Weingeistes, wo nicht vollkommen, doch bis auf einen sehr geringen Unterschied hat. Ist demnach das Queckſilber und der Weingeiſt in beyden Thermometern gleich warm, ſo hat auch das Glas gleiche Wärme. Da ich nun beyde Kugeln von gleicher Größe ſetze, ſo haben ſie auch gleiche Oberflächen. Demnach geht aus dieſen in dem erſten Zeittheilchen $d\tau$ gleich viel Wärme in die Luft. Das will alſo ſagen, aus beyden Gläſern gehen gleich viel Feuertheilchen in die Luft. Und, um ſie zu erſetzen, müſſen auch aus dem Queckſilber und dem Weingeiſte wiederum gleich viel Feuertheilchen in das Glas gehen. Bey dem Verluſte von gleich viel Feuertheilchen, verliert aber das Queckſilber mehr Wärme, weil 4 Feuertheilchen im Queckſilber eben ſo viel Wärme geben als 6 Feuertheilchen im Weingeiſte (§. 308.) Es ſey nun y die Wärme des Queckſilbers und $\eta = y$ die Wärme des Weingeiſtes. Ferner ſeyen 7, θ die Erkältungs-Subtangenten, ſo iſt für das erſte Zeittheilchen $d\tau$. (§. 258.)

$$dy : y = d\tau : 7$$
$$d\eta : \eta = d\tau : \theta$$

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

$$dy \cdot 7 = d\eta \cdot \theta.$$

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

$$dy : d\eta = 6 : 4$$
$$dy = \tfrac{3}{2}\, d\eta$$

Dieſes giebt

$$\tfrac{3}{2}\, 7 = \theta.$$

Die Erkältungs-Subtangente des Queckſilberthermometers iſt demnach zu der von einem gleich großen Weingeiſtthermometer, wie 2 zu 3, alſo um $\frac{1}{3}$ kleiner. Dieſes folgt demnach aus §. 308, wo ich die Verſuche gegeneinander abgeglichen. Aus §. 306. als dem Verſuche ſelbſt folgt $7 : \theta = 13 : 21$, welches der oben (§. 263.) erwähnten Verhältniß $3 : 5$ näher kömmt, wiewohl übrigens auch dieſe nur überhaupt angegeben iſt. Denn Weingeiſt und Queckſilber ſind eben auch nicht immer von gleicher Güte. Wir ſehen demnach hieraus, daß der Unterſchied der Subtangenten ſchlechthin nur daher rühret, daß gleich viel Feuertheilchen im gleichem Raume von verſchiedenen Materien nicht gleich viel Wärme verurſachen, und daß dieſe Materien, als in Glas oder überhaupt in einerley Art Gefäße eingeſchloſſen, betrachtet werden. Martine hat übrigens um die verſchiedene Geſchwindigkeit des Erwärmens und Erkältens, das will ſagen, den Unterſchied der Subtangenten zu zeigen, die Materien in offene Gefäße gegoſſen, ſo daß wenigſtens ihre Oberflächen der Luft unmittelbar ausgeſetzt waren. Der größte Theil des Umfanges war aber dennoch von den Gefäßen umſchloſſen. Und

ſo

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

§. 312.

Die bisherige Betrachtungen betreffen solche Körper, wo einer den andern ganz umgiebt. (§. 297.) Berühren sie sich aber nur auf einer Seite, so sind beyde Körper zugleich der Luft ausgesetzt, und so kommen drey Erkältungs-Subtangenten in Erwägung. Da bey allen diesen Rechnungen nur der Ueberschuß der Wärme in die Rechnung kömmt, so werde ich, Kürze halber, die Wärme der Luft $= 0$ setzen, und die Körper nur so fern warm nennen, als sie wärmer denn die Luft sind. Zu einer beliebigen Zeit τ sey demnach y die Wärme des wärmern von beyden Körpern, und z die Wärme des andern. Aus jenem geht nun in dem Zeittheilchen $d\,\tau$ auf zweyerley Art Wärme weg. Erstlich in die Luft der Theil $y\,d\,\tau : 7$ und in den andern Körper der Theil $(y - z)\,d\,\tau : \theta$. Hier sind 7, θ die zugehörige Erkältungs-Subtangenten. Wir haben demnach die erste Gleichung

$$- dy = \frac{y.d\,\tau}{7} + \frac{y - z}{\theta}.\,d\,\tau.$$

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

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

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

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

§. 313.

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

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

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

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

$$o = aa + \frac{m\,7\vartheta + 7\vartheta + 7\theta + \vartheta\theta}{7 + \theta + \vartheta m}\,a - \frac{7\theta\vartheta}{7 + \theta + \vartheta m}$$

Man hat sodann ferner

$$\frac{C}{A} = 1 + \frac{\theta}{7} - \frac{\theta}{a}$$

$$\frac{D}{B} = 1 + \frac{\theta}{7} - \frac{\theta}{b}$$

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

$$Y = A + B$$
$$Z = C + D$$

so daß hiedurch auch die Anfangs-Ordinaten A, B, C, D bestimmt sind. Diese Formeln begreifen die oben (§. 300.) gegebenen unter sich, so daß man sie daraus herleitet, wenn man 7 als unendlich ansieht, und dann 7, θ nennt, was ich hier θ, ϑ genennt habe.

§. 314.

Die hier gebrauchten Subtangenten 7, θ, ϑ, sind nun, überhaupt betrachtet, in gerader Verhältniß des Raumes der Körper, auf deren Erkältung sie sich beziehen, und in umgekehrter Verhältniß desjenigen Theiles ihrer Oberfläche, durch welchen die Feuertheilchen weggehen. Diese Verhältnisse haben indessen nur so fern statt als die Körper klein und regulär genug sind, daß sich die Wärme, die sie erhalten, ohne merklichen Zeitverlust, gleichförmig durch dieselben vertheilet, und die Anfangs vorkommende Oscillation (§. 309. 310) als eine ohnehin geringe Ungleichförmigkeit nicht in Betrachtung gezogen wird.

Dritter Abschnitt.

Erwärmung und Erkältung mehrer Körper unter sich.

§. 315.

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

§. 316.

Diese Differential-Gleichungen haben nun, aufs allgemeinste genommen, folgende Form:

$$dx = (ax + by + cz + \&c).\, d\tau.$$
$$dy = (ex + fy + gz + \&c).\, d\tau.$$
$$dz = (hx + iy + kz + \&c).\, d\tau.$$
&c.

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

§. 317.

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

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

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

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

&c.

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

§. 318.

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

§. 319.

Es ist nun hiebey nicht nothwendig, daß die Körper von verschiedener Materie seyn. Sie können von ein- und eben demselben Stoff seyn. Und selbst ein einzelner durchaus gleichartiger Körper, kann und muß als ein System betrachtet werden, so oft seine Figur sehr irregulär, zackicht, in die Länge gedehnt, ungleich dicke ꝛc. ist. Selbst einen sphärischen Körper muß man sich als in mehrere Schalen getheilt, vorstellen, wenn man der anfänglichen Ungleichförmigkeit seiner Erkältung Rechnung tragen will.

§. 320.

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

§. 321.

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

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

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

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

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

&c.

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

$$- d y = - (y - y') d \tau : 7$$
$$- d y' = + \tfrac{1}{7} (y - y') d \tau : 7 - \tfrac{4}{7} . (y' - y'') d \tau : 7$$
$$- d y'' = + \tfrac{7}{19} \tfrac{4}{7} (y' - y'') d \tau : 7 - \tfrac{9}{19} (y'' - y''') d \tau : 7$$

&c. bis

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

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

§. 322.

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

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

&c.

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

Da nun hiebey m, 7, θ von der Dicke der Schaale abhängen, und in so fern nach Belieben bestimmt werden können, so habe ich $m\,7 = \frac{2}{3}$ gesetzt, weil dieses die Grenze ist, welcher die Verhältnisse sich immer mehr nähern, ohne daß es nöthig sey, auf die Anzahl der Schaalen Rücksicht zu nehmen. Dadurch erhielt ich

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

&c.

oder

$$
\begin{aligned}
y' &= 0{,}33333.\ y \\
y'' &= 0{,}22222.\ y \\
y''' &= 0{,}13992.\ y \\
y'''' &= 0{,}12208.\ y \\
y^{v} &= 0{,}08792.\ y \\
y^{vi} &= 0{,}08397.\ y \\
y^{vii} &= 0{,}06402.\ y \\
&\text{\&c.}
\end{aligned}
$$

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

§. 323.

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

Vierter Abschnitt.
Erwärmung mehrerer Körper am Feuer und unter sich.

§. 324.

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

$$dx = (m + ax + by + cz + \&c.)\,d\tau$$
$$dy = (m' + ex + fy + gz + \&c.)\,d\tau$$
$$dz = (m'' + hx + iy + kz + \&c.)\,d\tau$$

§. 325.

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

$$m + ax = a\xi$$
$$m' + fy = f\upsilon$$
$$m'' + kz = k\zeta$$
&c.

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

§. 326.

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

§. 327.

Die Stange sey C B, der Theil C A liege im Feuer, A D sey die Wärme in A, und P M, p m, die in P, p. Ich setze nun 6. Figur.

$$A P = x \qquad P M = y.$$
$$P p = dx \qquad M n = d y.$$

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

$$d y : y = d x : 7$$

Da nun das Verhältniß d y : y beständig ist, und d x ebenfalls als beständig angesehen werden kann, so ist auch 7 beständig, demnach D M E eine logarithmische Linie.

§. 328.

Hier kann nun der Beschluß der oben (§. 107 — 109. 252. 253.) angefangenen Erzählung dessen folgen, was Amontons an Newtons Stuffenleiter verschiedener Grade von Wärme auszusetzen fand. Newton hatte sehr hohe Grade von Hitze angegeben. (§. 105. 264.) Da nun Amontons Luftthermometer nur für solche Grade eingerichtet war, die geringer waren als der Grad des siedenden Wassers, so sann er auf andere Versuche, um Newtons Stuffenleiter zu prüfen, oder auch fehlerhaft zu finden. Amontons stellte demnach eine dicke eiserne Stange ziemlich gerade aufgerichtet in ein starkes Kohlfeuer. Als das im Feuer stehende Ende glühend war, legte er die Stange horizontal auf dünne Gestelle, ohne jedoch das glühende Ende aus dem Feuer zu nehmen. Das Feuer wurde noch ferner bey gleicher Stärke erhalten. Nun suchte Amontons die Stellen an der Stange, wo sie gerade die Hitze hatte, welche nöthig war, um z. E. Wachs, Zinn, Bley 2c. zu schmelzen, Wassertropfen zum Sieden zu bringen 2c. Die niedrigere Grade hatte er bereits, mitteist seines Luftthermometers bestimmt, und diese legte er nun zum Grunde, um mittelst der Stange auch die größern zu bestimmen. Zu diesem Ende setzte er voraus, daß die Wärme des Eisens in arithmetischer Progression abnimmt, das will also sagen, daß die Linie D M E eine gerade Linie sey. Auf diese Art fand nun Amontons für schmelzend Zinn, Bley 2c. glühend Eisen 2c. solche Grade, die von den Newtonschen, wenn sie auf einerley Maasstab gebracht werden, um sehr viel verschieden sind.

§. 329.

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

Aa

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

§. 330.

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

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

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

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

§. 331.

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

§. 332.

Die Subtangente P T ändert sich, wenn die Stange dicker ist. Amontons sagt nun, daß seine Stange 59 Zoll = 708 Linien (Pariser Maaß) lang war, und 30 Pfund (Markgewicht) wog. Der körperliche Raum betrug demnach 93 Cubic-Zolle, und die Dicke $\frac{93}{59} = 1,57$ Quadratzolle. Wenn demnach die Stange so breit als dick sollte gewesen seyn, so würde die Breite und Dicke $\frac{5}{4}$ Zoll oder 1,26 Zolle betragen haben, und die Stange 47mal länger gewesen seyn als sie breit oder dick war. Da nun die Länge der Subtangente 116,3 Linien = 9,692 Zoll betrug, so macht dieses unter eben der Bedingung so viel als 7,7 Breiten. Es bleibt aber hiebey eine Ungewißheit, weil Amontons nicht sagt, wie seine Stange ausgesehen.

§. 333.

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

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

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

§. 334.

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

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

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

§. 335.

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

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

§. 336.

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

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

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

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

§. 337.

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

§. 338.

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

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

§. 339.

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

7. Fig.

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

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

§. 340.

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

§. 341.

Zu diesem Ende habe ich in der 11ten Figur die Stange A B, die Lampe C D, nebst den fünf Flammen und ihren Dachten I, II, III, IV, V nach ihrer wahren Größe und Lage so gezeichnet, wie sie von der Seite betrachtet aussahen, und oben auf der Stange rheinländische Zolle und deren Decimaltheile angemerkt. Die Stangen waren sämmtlich 5, 8 Zoll lang, und 0, 3 Zoll breit und hoch. Sie waren demnach nur etwa 19mal länger als breit oder hoch, und dieses konnte beytragen die Subtangente zu verkürzen, weil, wenn z. E. die Lampe I allein brannte, das Ende der Stange in A und B nicht sehr warm seyn konnte. Wenn Muschenbroek die Puncte bemerkt hätte, wo etwa Wachs schmolz, Wassertropfen zu sieden anfiengen 2c. so würde die wahre Länge der Subtangente noch so ziemlich bestimmt werden können. Ich werde sie inzwischen unbestimmt $= 7$ setzen, und nun sehen, was jede Flamme besonders zu leisten fähig ist. 11. Figur.

§. 342.

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

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

folglich die Summe der Wärme in der ganzen Länge x

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

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

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

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

§. 343.

Nun war für die

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

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

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

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

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

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

§. 344.

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

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

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

§. 345.

Für alle 5 Lampen war nun

$$\int S : 7\, Y = 6,3139,$$

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

$$\int S = 1,51534.\ Y$$

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

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

die mittlere Wärme, so die Stange von allen fünf Lampen erhielt. Sie ist demnach 2,6126mal größer als die Wärme gerade über einer Flamme, wenn diese allein brennt. Nun giebt Muschenbroek an, wie viel die Stangen sich vom Frierpunct zum Siedepunct ausgedehnt haben. (§. 227.) Nehmen wir demnach ihre Ausdehnung, mittelst der fünf Lampen, wie sie die letzte Ordinate der punctirten Linien (7—10. Fig.) angiebt, so läßt sich folgende Vergleichung anstellen:

Stangen von	Ausdehnung vom Frier- zum Siedepunct	Ausdehnung durch 5 Flammen	Wärme über einer Flamme.	Eben dieser Grad nach Fahrenh.
Eisen	54	240	91, 8	363
Stahl	56	308	117, 8	411
Kupfer	59	327	125, 1	414
Meßing	73	362	138, 5	374

Die Zahlen der 4ten Columne sind die von der dritten durch 2,6126 getheilt. Sodann stellen die Zahlen der ersten Columne die 180 Fahrenheitsche Grade vom Frierpunct zum Siedepunct vor. Und so findet sich für das Eisen

$$\frac{180}{53} \cdot 91,8 + 32 = 363$$

für den Stahl

$$\frac{180}{56} \cdot 117,8 + 32 = 411.$$

Und auf eine ähnliche Art auch die übrigen Zahlen der 5ten Columne. Eine Flamme allein theilte demnach den Stangen selbst da, wo sie unmittelbar anschlug, nicht ganz gleiche Wärme mit. Dem Kupfer und Stahl mehr als dem Eisen und dem Meßing, und doch kaum so viel, als daß Zinn hätte schmelzen können. Dem Zinn selbst muß sie noch weniger mitgetheilt haben, weil die zinnerne Stange die Hitze von einer Flamme aushielt. Sie hielt aber die Hitze der beyden Flammen I, II, nicht aus, sondern nur die Hitze, der von einander entferntern Flammen II, V, weil diese um etwa $\frac{1}{5}$ größer seyn konnte, als die so gerade über einer Flamme ist. Muschenbroek sagt auch, daß bey diesen zwoen Flammen das Zinn dem Schmelzen sehr nahe gewesen. Daß übrigens die Flamme den Metallen so wenig Hitze mittheilte, rühret daher, daß nur eine Seite der Flamme ausgesetzt war. Wäre eine jede der 4 Seiten immer gleich starken Flammen ausgesetzt gewesen, so würde z. E. für das Eisen

$$4 \cdot \frac{180}{53} \cdot 91,8 + 32 = 1356,$$

folglich der 1356ste Fahrenheitsche Grad Hitze an dem Orte gewesen seyn, wo die Flammen würden angeschlagen haben. Dieser Grad, welcher mit dem 3787sten Grade des Luftthermometers übereintrift, kommt der Hitze des weißglühenden Eisens (§. 92.) und Kupfers (§. 227.) schon ungleich näher. Das Bley schmolz bey den zwo Flammen I, II, nicht, aber die Hitze von drey Flammen hielt es nicht aus. Es mag eben so, wie das Zinn etwas weniger Hitze erhalten haben, als die härtern Metalle. Die Hitze ist mitten zwischen zwoen Flammen am größten. Da nun die Distanz derselben = 0,8 Zoll ist, so nimmt die Hitze in der Hälfte dieser Distanz in Verhältniß von

$$1 : e^{-0,4 : 2,4} = 1 : e^{-1 : 6} = 6 : 5$$

ab. Damit ist sie für Eisen und in der Mitte zwischen beyden Flammen

$$= 2 \cdot \tfrac{5}{6} \cdot 91,8 = 153$$

Graden des Muschenbroekschen Pyrometers, über dem Frierpunct. Dieses ist demnach der

$$\frac{180}{53} 153. + 32 = 552\text{te}$$

Fahrenheitsche Grad. Nun stockte Newtons Bley beym 535sten Grad (§. 264.) Zieglers Bley beym 525sten Grade, (§. 265.) und Muschenbroeks Bley war beym 769sten Grade ganz, vermuthlich auch schon stark fliessend. (§. 227. 228.) Es zeigt sich also hieraus, daß so schwerflüßig Muschenbroeks Bley gewesen, es die Hitze von zwoen Flammen, aber nicht von 3 aushalten konnte. Denn für die 3 Flammen I, II, III ist die Hitze beym Eisen über der Flamme II

$$= 91,8. \left(1 + 2. e^{-1:3}\right) = 233,4$$

Gr. des Pyrometers, über dem Frierpunkt. Folglich der

$$\frac{180}{53} 233,4 + 32 = 825\text{te}$$

Fahrenheitsche Grad. Wenn also Muschenbroeks Bley zum Schmelzen wirklich einen nicht geringern als den 769sten Fahrenheitschen Grad erfordert hätte, so sieht man, daß es beym 825sten Grad, den die drey Flammen über den mittlern verursachten, allerdings hat schmelzen müssen.