

Der
Pyrometrie
 oder
 vom Maasse des Feuers und der Wärme
 Fünfter Theil.
 Von der Kraft der Wärme.

Erstes Hauptstück.

Die Kraft der Wärme mit den Zusammenhangskräften der
 Körper verglichen.

Erster Abschnitt.

Vorläufige Lehrsätze.

S. 423.

Da die Körper von einem bestimmten Grade der Wärme nur bis auf einen bestimmten Grad ausgedehnt werden, und wenn die Wärme daraus weggeht, wiederum dichter werden, so ist allerdings in den Körpern eine Kraft, welche der Kraft der Wärme entgegenwirkt, bis beyde einander das Gleichgewicht halten. Dieses Gleichgewicht ist es nun, was uns in Stand setzen soll, beyde Arten von Kräften mit einander zu vergleichen. Die Kraft in den Körpern ist diejenige, mit welcher ihre Theilchen zusammenhängen, so daß sie nicht ohne äußere Gewalt getrennt werden können. Sie ist unter dem Namen von Cohäsionskraft längst schon bekannt, und da die Härte, die Zähigkeit, die Festigkeit, und theils auch die Federkraft der Körper davon abhängt, so ist sie auch schon häufig untersucht und durch Erfahrungen bestimmt worden. Die Festigkeit der Gebäude machte solche Untersuchungen sehr nützlich. Noch mehr aber war die Newtonsche Attraction eine nähere Veranlassung dazu.

S. 424.

Man nennt die Cohäsionskraft der Körper absolut, wenn man sich die Kraft gedenkt, welche erfordert wird, z. E. einen prismatischen oder cylindrischen Körper geradeaus zu zerreißen. Wenn es nur nöthig ist, einen solchen Körper in die Länge zu ziehen, oder wie etwa eine Saite zu spannen, so wird, nach Maaße der geringern Spannung eine geringere Kraft erfordert. Diese Kraft wird aber immer noch als absolute betrachtet, wenn sie es gleich in einem geringern Grade ist. Man nennt sie so zum Unterschiede der biegenden oder brechenden Kraft, weil diese seitwärts angebracht wird. Man hat sich schon seit dem vorigen Jahrhunderte viele Mühe gegeben, diese Kräfte, sowohl durch Versuche, als durch Theorie mit einander zu vergleichen. Man hat aber dabey mehrentheils nur auf die äußersten Grade, wobey nemlich ein wirkliches Zerreißen oder Zerbrechen erfolgt, Rücksicht genommen.

S. 425.

Die spannende oder vollends zerreißende Kraft wird allerdings, mittelst angehängter Gewichte am leichtesten bestimmt. Sie ist besonders bey Metallen beträchtlich groß, und dieses machet, daß man nur mit dünnem Drate oder Stäbchen Versuche angestellt hat. Muschenbroek nahm solche, deren Durchmesser $\frac{1}{10}$ eines Rheintl. Zolls betrug, und fand das zum Zerreißen erforderliche Gewicht

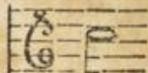
für den Drat

von Kupfer	: : : :	299 $\frac{1}{4}$	Pfund.
Messing	: : : :	360	—
Gold	: : : :	500	—
Eisen	: : : :	450	—
Silber	: : : :	370	—
Zinn	: : : :	49 $\frac{1}{4}$	—
Bley	: : : :	29 $\frac{1}{4}$	—

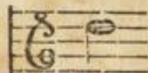
Bey dickerm Drate nimmt die zerreißende Kraft, wie das Quadrat des Diameters zu, und bey dünnerm vermindert es sich in eben der Verhältniß. In Ansehung der weichen Körper ist, zu bemerken, daß sie vor dem Zerreißen dünner werden, und alsdann weniger Kraft nöthig ist. Bey diesem Dünnerwerden, geht einige Zeit vorbei, und dieses ist eine Anzeige, daß man besser thut, wenn man das angehenkte Gewicht sogleich um etwas vermehrt, damit das Zerreißen ohne Verzug erfolge. Uebrigens ist es für sich klar, daß das Zerreißen allemal am schwächsten Orte erfolgt, und daher vor dem Versuche wohl untersucht werden muß, ob an dem Drate nicht irgend ein Riß ist, der das Zerreißen befördert.

§. 426.

Ich habe nun, um hierüber einige Versuche anzustellen, die Theorie der klingenden Saiten zu Hülfe genommen, und dazu messingene und stählerne (vermuthlich aber nur eiserne) Claviersaiten gebraucht. Diese Versuche gaben mir an, daß eine messingene Saite springt, wenn sie auf das Monochord gespannt bey der Länge von einem Rheintl. Fuß den Ton der Flöte



gibt, oder in jeder Secunde 996 Schwingungen machet. Die eisernen Saiten aber sprangen, wenn sie bey eben der Länge um einen Ton höher gestimmt wurden oder den Ton der Flöte



von $\frac{1}{2}$. 996 = 1120 $\frac{1}{2}$ Schwingungen gaben. An der Dicke der Saiten ist hier nichts gelegen. Der Unterschied ist nur, daß dickere Saiten mit mehr Kraft gespannt werden müssen und einen weniger klingenden Ton geben; dafern man nicht die Länge 2, 3mal größer und den Probeton in gleicher Verhältniß tiefer nimmt.

§. 427.

Die Theorie der schwingenden Saiten giebt nun folgende Formel:

$$P = \frac{M \lambda N N}{2 g}$$

wo P das spannende Gewicht, M das Gewicht des schwingenden oder zwischen beyden Sätteln des Monochords liegenden Theiles der Saiten, λ diese Länge, N die Anzahl der Schwingungen, und g den Fall der Körper in der ersten Secunde Zeit vorstellt. Wird λ in rheinländischen Linien gemessen, so ist $2 g = 4500$ Linien. Um das Gewicht der Saiten desto genauer zu bestimmen, thut man gut, wenn man ein sehr langes Stück derselben abwieget, und sich einer genauen und richtigen Wage bedient.

§. 428.

Ich werde nun setzen, der Drat, sowohl von Messing als von Eisen, habe eine solche Dicke, daß die Länge von 1 Rheintl. Fuß gerade 1 Gran Berliner Gewicht betrage. Diefemnach haben wir

$$M = 1 \text{ Gran.}$$

$$2g = 4500 \text{ Linien.}$$

$$\lambda = 144 \text{ Linien.}$$

und dann für

Messing.
 $N = 996$
 folglich

$$P = \frac{996 \cdot 996 \cdot 1 \cdot 144}{4500}$$

$$= 31744\frac{1}{2} \text{ Gran.}$$

$$= 132 \text{ Loth, 1 Quint, } 4\frac{1}{2} \text{ Gr.}$$

Man setze ferner, ein Cubicfuß wäge
 554 Pfund,
 so wiegt ein Drat von 1 Fuß Länge und
 1 Quadratlinie im Durchschnitt.

$$\frac{5547}{27} \text{ Gran.}$$

So vielmal wird das spannende Ge-
 wicht größer, demnach

$$P' = 2672\frac{1}{3} \text{ Loth.}$$

$$= 835 \text{ Pf. } 3 \text{ Loth.}$$

Eisen.
 $N = 1120\frac{1}{2}$

$$P = \frac{1120\frac{1}{2} \cdot 1120\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 144}{4500}$$

$$= 40176\frac{2}{3} \text{ Gran.}$$

$$= 167 \text{ Loth } 1 \text{ Quint } 36\frac{2}{3} \text{ Gran.}$$

504 Pfund.

$$\frac{5040}{27} \text{ Gran.}$$

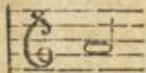
$$P' = 31248\frac{1}{2} \text{ Loth.}$$

$$= 97\frac{1}{2} \text{ Pfund.}$$

Muschenbroeck findet kaum halb so viel. Denn sein $\frac{1}{10}$ Zoll dicker Drat hat
 1, 131 Quadratlinien im Durchschnitt. Durch diese Zahl muß demnach das
 von ihm für Messing auf 360 Pfund und für Eisen auf 450 Pfund angelegte Ge-
 wicht getheilt werden. Und so findet sich 319 Pfund für Messing und 398 Pfund
 für Eisen, wenn der Drat 1 Quadratlinie im Durchschnitte hat. Ich lasse dahin
 gestellt, ob Muschenbroeck die Dicke seines Drates nur beiläufig auf $\frac{1}{10}$ Zoll
 gesetzt hat. Ein so dicker Drat ist übrigens auch mit weniger Sorgfalt gezogen
 als die Claviersaiten, vermuthlich auch weniger elastisch. Und dann kommt bey
 Muschenbroecks Versuchen viel auf die Art an, wie der Drat zum Anhängen der
 Gewichte befestigt worden.

§. 429.

Es kam mir nun fürnemlich darauf an, daß ich die Ausdehnung des
 Drates mit dem spannenden Gewichte vergliche. Hiezu that der Stimmnagel
 des Monochordes gute Dienste. Ich machte an demselben einen Zeiger feste, wo-
 durch ich leicht sehen konnte, um wie viele Grade ich denselben undrehte, sowohl
 um die Saite immer mehr zu spannen, als um wieder nachzulassen. Ich drehte
 den Stimmnagel von 45 zu 45 Graden, und beobachtete durch Verschieben des
 beweglichen Sattels, bey welcher Länge die Saite den Ton der Flöte.

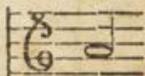


Gg 3

gab, oder in einer Secunde Zeit 830 Schwingungen vollendete. Das Quadrat dieser Länge ist in Verhältniß des spannenden Gewichtes, und die Verlängerung oder Ausdehnung der Saite vom Stimmnagel bis zum Stege, wo sie eingehängt ist, bestimmt sich vermittelst des Umkreises des Stimmnagels, wenn man sich den Diameter desselben um die Dicke der Saite größer denkt.

§. 430.

Den vollständigsten Versuch hierüber stellte ich den 1sten Nov. 1775. mit einer messingenen Saite an, von welcher ich voraus bestimmt hatte, daß sie bey einer Spannung von 172 Loth zerreiße. Ich spannte sie erst nur schwach, doch so, daß sie genug angezogen war, um auf dem Stimmnagel feste anzuliegen, und einen klingenden Ton zu geben. Von da an zählte ich die Grade des Umdrehens von 45 zu 45 bis auf den 225sten. Alsdann drehte ich eben so wieder zurück, um zu sehen, ob die Saite bey eben den Längen wieder eben den Ton der Flöte



geben würde. Die Längen maas ich in Rheinl. Linien, und fand

Drehung des Stimmnagels.	Länge beyhm Anspannen.	Länge beyhm Losspannen.	berechnete Länge.
Grade.	Linien.	Linien.	Linien.
0	62	63	62, 5
45	82	83	82, 6
90	101	102	98, 7
135	112	112	112, 5
180	126	127	124, 8
225	136	136	136, 0

§. 431.

Die letzte Columne habe ich folgendermaassen berechnet: Ich setzte, daß die Verlängerung der Saite dem spannenden Gewichte proportional sey. Dieses ist es eben, was durch den Versuch sollte geprüft werden. Da nun die Saite Anfangs schon einen gewissen Grad der Spannung, und folglich der Ausdehnung hatte, so setzte ich, daß, wenn der Stimmnagel um x Grade zurückgedreht würde, alsdann alle Spannung und Verlängerung = 0 seyn würde. Diesem nach mußte für die erste und letzte Beobachtung

$$x: (x + 225) = (62\frac{1}{2})^2: (136)^2$$

$$x = 60\frac{1}{4} \text{ Grad}$$

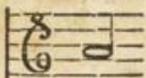
seyn. Und daraus folgte sodann, daß für z Grade, um welche der Stimmnagel gedreht worden, die Länge der Saite

$$\begin{aligned}\lambda &= 62,5 \cdot \sqrt{\left(\frac{60\frac{1}{4}}{60\frac{1}{4}} + z\right)} \\ &= 62,5 \cdot \sqrt{\left(1 + \frac{4z}{241}\right)}\end{aligned}$$

Linien seyn müsse, wenn die Voraussetzung richtig ist. Nun nahm ich $z = 45, 90, 135, 180$ Grad, und fand für λ , die in der letzten Columne angeführten Werthe. Da die beobachteten Längen, mittelst des Gehöres bestimmt werden mußten, so wird man zwischen der Rechnung und den Beobachtungen nicht wohl eine genauere Uebereinstimmung erwarten können. Die Rechnung giebt bald etwas mehr, bald etwas weniger. Dieses würde aber nicht seyn, wenn die Voraussetzung merklich unrichtig wäre.

S. 432.

Ich habe nun ferner gefunden, daß wenn eben diese Saite bey der Länge von $108\frac{2}{3}$ Linien den Ton



geben sollte, sie mit 67,9 Loth Gewicht gespannt werden mußte; und daß, wenn der Stimmnagel um 45 Grade gedreht wurde, die Saite sich um $\frac{2}{3}$ Linie ausdehnte. Setzte ich demnach

$$\lambda = 108\frac{2}{3},$$

so fand sich

$$z = 121,8 \text{ Grade.}$$

Und

$$45 : \frac{2}{3} = (121,8 + 60\frac{1}{4}) : 2,36,$$

folglich für erstbemeldten Ton, 2,36 Linien Verlängerung. Nun fordert die größte Spannung 172 Loth. Demnach

$$67,9 : 172 = 2,36 : 5,96.$$

Und so dehnt sich die Saite, ehe sie zerreißet, um 5,96 oder 6 Linien aus. Ihre ganze Länge betrug aber 612 Linien. Demnach ist die größte Ausdehnung $\frac{1}{102}$ Theil der Länge.

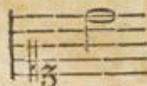
S. 433.

Einen ähnlichen Versuch machte ein Musicus auf mein Ansuchen mit der stählernen Saite seines Claviers, welche von $282\frac{1}{2}$ Rheintl. Linien den Ton \bar{c} giebt. Ich sprach ihm davon, als von einem Mittel das Clavier zu stimm-

men. Er stimmte die Saite nach und nach auf f, c, G herunter, und ich fand, daß der Stimmnagel von 90° auf $32, 11, 0$ war zurückgedreht worden. Demnach fand sich

				Töne.
90°	32°	11°	0°	Drehung des Stimmnagels.
24	16	12	9	Verhältniß der Schwingungen.
24	16	11,9	9	Berechnetes Verhältniß.

Der Stimmnagel hatte $1\frac{1}{2}$ Linie Durchmesser. Dieses giebt für 90 Grade $\frac{2}{3}$ Linien Verlängerung. Nun springen die stählernen Saiten, wenn sie bey einem Fuß Länge den Ton



geben, welcher nach eben dem Verhältniß 54 Schwingungen hat. Die Berechnung giebt, daß der Stimmnagel noch um $14,7$ Grade hätte zurückgedreht werden können, bis alle Spannung würde aufgehört haben. Die Saite war demnach in allem $90 + 14,7 = 104,7$ Grade gedreht. Und damit war ihre Verlängerung $1,37$ Linien. Nun wurde bey 1 Fuß Länge die Saite nicht 24 , sondern $24.282\frac{1}{2} : 144 = 47$ Schwingungen gemacht haben. Demnach ist

$$47^2 : 54^2 = 1,37 : 1,61$$

und folglich springt die Saite, wenn sie auf $282\frac{1}{2}$ Linien Länge, um $1,61$ Linien, oder um ihren $\frac{1}{73}$ Theil ausgedehnt wird. Für messingene Saiten gab der vorhergehende Versuch $\frac{1}{102}$ Theil der Länge.

S. 434.

24. Figur.

Es sey nun A D B E der Durchschnitt eines cylindrischen Stabes, welcher gebogen werden soll. Bey dem Biegen wird derselbe gegen A zusammengedrückt, gegen B aber ausgezogen, in D E aber behalten die Theilchen ihre Lage. In jedem andern Schnitte N M werden sie destomehr auseinander gezogen, je größer C P ist. C ist der Ruhepunkt, und C P der Arm eines Hebels, wo man sich die zum auseinanderziehen erforderliche Kraft angebracht gedenket. Diese Kraft wird in Verhältniß von C P größer, weil in eben dem Verhältniß die Theilchen destomehr auseinander gezogen werden, und demnach destomehr Kraft fordern. Es sey der Halbmesser C B = r, der Winkel M C E = ϕ , so stellt $2 r r \cos \phi$, d sin ϕ , die in N M m n liegenden Theilchen vor. Die zum Auseinanderziehen erforderliche Kraft für jedes Theilchen in B sey = b, so ist dieselbe in P = b. sin ϕ , und folglich für die sämtlichen in N M m n liegenden Theilchen = $2 r r b \sin \phi$. cos ϕ , d sin ϕ . Diese Kraft mit C P = r. sin ϕ multiplicirt, giebt das Moment

$$d \mu = 2 b r^3. \sin^2 \phi. \cos \phi d \phi,$$

dessen

Dessen Integral

$$\mu = \frac{b r^3}{4} (\varphi - \frac{1}{4} \sin 4 \varphi)$$

ist. Und für den halben Circul D B E

$$\mu = \frac{1}{8} b r^3 \pi$$

giebt. Für den halben Circul D A E muß wegen des Zusammendrückens noch eben so viel gerechnet werden. Setzt man nun, die biegender Kraft sey in der Distanz = n r angebracht, und = p, so ist ihr Moment = n r p. Und dieses muß = 2 μ seyn; folglich ist

$$P = \frac{b r^2 \pi}{4 n}$$

§. 435.

Diese brechende oder biegender Kraft wird mit der geradeausziehenden am füglichsten verglichen, wenn man n = 1 setzt, und folglich die Kraft P so nimmt, wie sie seyn muß, wenn sie in der Distanz r angebracht wird. Die geradeausziehende Kraft soll alle Theilchen so weit von einander entfernen als sie es beim Biegen in B sind. Es fordern demnach alle die Kraft b. Nun stellt r r π die sämtlichen Theilchen im ganzen Circul vor. Demnach ist

$$P = r r b \pi$$

die Summe, der zum auseinanderziehen erforderlichen Kräfte, das will sagen, die auseinanderziehende Kraft. Damit ist überhaupt

$$P: p = r r b \pi : \frac{r r b \pi}{4 n}$$

folglich

$$P: p = 4 n: 1$$

$$p = \frac{P}{4 n}$$

§. 436.

Wenn die Stange, anstatt rund zu seyn, viereckigt ist, so findet man auf eben die Art

$$p = \frac{P}{3 n}$$

Ich habe übrigens hiebei gesetzt, daß der Ruhepunkt C in die Mitte falle. Dieses hat nun deswegen statt, weil sich bey dieser Voraussetzung die Stange am leichtesten bieget, und weil, wie wir vorhin gesehen haben, die ausziehende Kraft in Verhältniß der Ausdehnung ist.

h h

§. 437.

25. Figur. Es sey nun B A eine in A befestigte Stange, welche durch ein in B angehängtes Gewicht P gebogen wird. C E sey der Halbmesser der Krümmung in C, so wird, so lange die Krümmung nicht allzu groß ist,

$$C E = \frac{C B \cdot C B}{3 \cdot B F}$$

lehrt. Dieses folgt aus der Lehre von der Beugung elastischer Stangen.

§. 438.

Da nun ferner in dem Mittelpunct der Stange C die Theilchen durch das Biegen nicht auseinander gezogen werden, so wächst das Ausdehnen von C nach D, und ist in D am größten, so wie hingegen in A das Zusammendrücken am größten ist. Da nun eben von diesem Ausdehnen und Zusammendrücken die Krümmung herrührt, so stellt D C die Ausdehnung in D für die Länge des Halbmessers D E oder eigentlich für die Länge eines Bogens vor der dem Halbmesser des Krümmungskreises gleich ist.

§. 439.

Ich befestigte nun in A D einen messingnen Drat B C von 143 Rheinf. Linien Länge, dessen Gewicht 11,4 Gran des Berliner Pfundes betrug. Da er sich durch sein eigen Gewicht etwas herunter beugte, krümmte ich ihn so, daß er dessen unerachtet gerade und wagrecht blieb. Hierauf hängete ich an dem Ende B ein Gewichtchen von 5 Gran an. Und es bog den Drat aus F in B um 24 Linien herunter, und mit 10 Gran ziemlich genau doppelt so viel oder 48 Linien. Dieses sehr merkliche Heruntersinken, gab mir Anlaß, einen solchen Drat als eine sehr empfindliche Waage anzusehen, woran sich $\frac{1}{20}$, ja $\frac{1}{30}$ Theile von einem Gran unterscheiden ließe. Ich gebrauchte auch nachgehends einen solchen Drat zur Abwägung leichter Körper, deren Gewicht ich sehr genau zu wissen verlangte, indem ich in F B einen Maasstab setzte, der in Grane und deren Decimalthteile getheilt war.

§. 440.

In diesem Versuche war demnach der Halbmesser der Krümmung

$$C E = \frac{143 \cdot 143}{3 \cdot 24} = 285 \text{ Linien.}$$

Setze ich ferner, ein Rheinf. Cubicfuß Messing wäge 554 Berliner Pfund, so findet sich hieraus der Halbmesser von der Dicke des Drates = $\frac{2}{15}$ Linien = C D. Demnach ist die Ausdehnung in D

$$= \frac{C D}{D E} = \frac{15 \cdot 285}{2137} = \frac{1}{2137} \text{ Theil der Länge.}$$

Ferner ist

$BC = 143: \frac{2}{3} = 1072\frac{1}{2}$ Halbmesser des Drates,
folglich (§. 434. 435.)

$$n = 1072\frac{1}{2}.$$

$$p = 5 \text{ Gran.}$$

Und demnach die geradeausziehende Kraft

$$P = 4 n p = 21450 \text{ Gran} = 89\frac{3}{8} \text{ Loth.}$$

Um aber den Drat zu zerreißen, gebraucht es einer Kraft von 1500 Loth. Demnach ist

$$89\frac{3}{8} \text{ Loth: } 1500 \text{ Loth} = \frac{3}{2137} \text{ Ausdehnung: } \frac{1}{127} \text{ Ausdehnung.}$$

Also zerreißen der Drat, wenn er um $\frac{1}{127}$ Theil seiner Länge ausgezogen wird.

§. 441.

Durch einen ganz ähnlichen Versuch fand ich, daß ein eiserner Drat zerreißen, wenn er um $\frac{1}{205}$ Theil seiner Länge ausgedehnt wird. Vergleicht man nun diese beyden Versuche mit den vorhergehenden (§. 432. 433.), so ist hier die größte Ausdehnung, sowohl beym Messing als beym Eisen um etwas geringer. Denn sie ist

	in den vorigen Versuchen.	in den gegenwärtigen
für Messing	$\frac{1}{102}$	$\frac{1}{127}$
für Eisen	$\frac{1}{73}$	$\frac{1}{205}$

Der Unterschied beträgt für beyde Metalle nur $\frac{1}{7}$ Theil aus. Aber eben diese Proportionalität leitet zu dem Schlusse, daß in der Art, wie beyderley Versuche an gestellt worden, etwas seyn muß, welches bey den letztern die Ausdehnung geringer machet als bey den erstern. Da übrigens der Unterschied nicht viel austrägt, und allenfalls das Mittel genommen werden kann, so werde ich mir hier bey dieser Untersuchung nicht länger aufhalten. Ich hatte wirklich, ehe ich die Versuche anstellte, viel größere Unterschiede erwartet, weil man die ganze Theorie immer als etwas sehr mißliches angesehen hatte, und theils in der Theorie, theils in den Versuchen ziemlich beträchtliche Fehler mit unterliefen.

Zweyter Abschnitt.

Anwendung auf die Kraft der Wärme.

§. 442.

Es soll nun, überhaupt betrachtet, gleich viel seyn, ob die Wärme oder eine äußere Kraft die Körper, z. E. metallene Stangen ausdehnt. Der Unterschied besteht auch nur darinn, daß die äußere Kraft nach einer ganz lineären und paral-

17-Figur. lelen Richtung wirkt, da hingegen die Wärme ihren Druck nach allen Gegenden äußert. Es hat dieses aber nur den Erfolg, daß man die Kraft der Wärme nach jeder schiefen Richtung C M in eine senkrechte M P, und parallele Q M auflösen, und die Summe von letztern berechnen muß. Die Rechnung hat mit der oben (§. 393.) über die Geschwindigkeit gegebenen eine völlige Ähnlichkeit, und der Erfolg ist, daß die Summe aller schiefen Dehnungen der Summe der geraden von dem größten Circul der Sphäre gleich, und demnach halb so groß ist, als wenn sie sämtlich parallel wären.

§. 443.

Man hat ferner allerdings darauf zu sehen, ob man bey der Wärme nur die Ausdehnung nach der Länge oder die nach dem körperlichen Raume bestimmt. Letzteres geschieht bey den Thermometern von flüssigen Materien, (§. 222.) wie auch bey den hydrostatischen (§. 194. u. f.) ersteres aber bey dem oben (§. 217.) angeführten Versuchen, wie auch bey dem Muschenbroeck'schen Pyrometer. (§. 226. u. f.) Der Unterschied ist, daß, wenn man die Ausdehnung nach der Länge $= (1 + x)$ setzt, sie nach dem körperlichen Raume $= (1 + x)^3$ gesetzt werden muß.

§. 444.

Das Zerreißen durch äußere Gewalt ist überhaupt dem Zustande ähnlich, wo die Metalle durch die Hitze des Feuers anfangen, bis zum Schmelzen erweicht zu werden. Denn ein glühendes Eisen läßt sich ohne alle Mühe in die Länge ziehen. Auf diese Art wird die Ausdehnung, bey welcher ein Drat zerreißen, derjenigen ziemlich gleich seyn, die er erhält, wenn er glühet. Nun fand Muschenbroeck, daß sich vom Frier: zum Siedepunct das Messing um $\frac{1}{993}$ und das Eisen um $\frac{1}{1307}$ Theil seiner Länge ausdehnt. Die vorhin angeführten Versuche geben aber für die zum Zerreißen erforderliche Ausdehnung.

für Messing : : : $\frac{1}{102}$: : : $\frac{1}{127}$.
für Eisen : : : $\frac{1}{173}$: : : $\frac{1}{206}$.

Ich habe aber diese Versuche im November 1775. und im Hornung 1777. in der Stube angestellt, wo die Wärme etwa bey dem 1050sten Grade des Luftthermometers, demnach 50 Gr. über dem Frierpunct oder 320 Gr. unter dem Siedepunct war. Für diese 320 Grade, würde sich demnach

das Messing nur $\frac{32}{37} \cdot \frac{1}{993} = \frac{1}{1148}$ Theil.
das Eisen nur $\frac{32}{37} \cdot \frac{1}{1307} = \frac{1}{1383}$ Theil.

ausgedehnet haben. Da nun die Kraft der Wärme, so wie die ausdehnende oder spannende Kraft in Verhältniß der Ausdehnung zunimmt, so haben wir für die größte Ausdehnung des Messinges

$\frac{1}{1148}$ Ausdehnung: $\frac{1}{102}$ Ausdehnung $= 320$ Gr. Wärme: 3602 Gr.
und $\frac{1}{1148}$: $\frac{1}{127} = 320$: 2893. Gr. Wärme.

Und dann ist

$$3602 + 1050 = 4652 \text{ Gr. des Luftthermometers}$$

und

$$2893 + 1050 = 3943 \text{ Gr. des Luftthermometers.}$$

Die Hitze des glühenden Messings trifft demnach zwischen den 3943sten und den 4652sten Grad des Luftthermometers. Das Mittel giebt beyläufig den 4300sten Grad. Muschenbroeck fand für glühend Kupfer den 4000ten Grad. (§. 227.)

§. 445.

Eben so haben wir für das Eisen.

$$\frac{1583}{175} : \frac{1}{175} = 320 : 2890.$$

$$\frac{1583}{200} : \frac{1}{200} = 320 : 2455.$$

und folglich

$$2890 + 1050 = 3940 \text{ Gr. des Luftthermometers.}$$

$$2455 + 1050 = 3505 \text{ Gr. des Luftthermometers.}$$

Also würde die Hitze des glühenden Eisens zwischen den 3505. und 3940sten Grad des Luftthermometers fallen. Newton giebt nur 3122 an (§. 264.), und nach Amontons würde der 1162ste Fahrenheitische oder 3323ste Grad des Luftthermometers für weißglühendes Eisen seyn (§. 330.) Nach Robins hingegen ist es für ein im Schmiedefeuer weißglühend gemachtes Eisen der 4210te Grad. (§. 92.) An diesen Unterschieden halte ich mich nicht auf, weil der Grad, in welchem ein Metall glühend ist, zwischen ziemlich weiten Schranken abwechselt. Daran aber kann man sich mehr aufhalten, daß die hier angegebene Rechnung für glühend Messing eine größere Hitze gibt als für glühend Eisen. Dieses kommt aber daher, daß es nicht ausgemacht ist, ob bey beyden Metallen einerley Grad des Glühens den Grad der Ausdehnung gibt, bey welchem sie in gemäßigter Luft zerrissen werden. Das Messing ist zäher als das Eisen, und mag aus diesem Grunde mehr Ausdehnung leiden. Sodann gebrauchte ich in der Rechnung, die von Muschenbroeck angegebenen Bestimmungen. Es kann aber leicht seyn, daß sein Messing und Eisen von dem so ich gebraucht habe, verschieden war. Anderer kleiner Umstände nicht zu gedenken. Die Absicht der hier vorgebrachten Versuche und Rechnungen gieng überhaupt nur dahin, daß sichs dadurch erforschen ließ, wiefern die Kraft der Wärme mit den Cohäsionskräften, und mittelst dieser, mit spannenden Gewichten verglichen werden konnte. Ich habe mich hiebey, sowohl für das Messing als für das Eisen an Muschenbroecks Bestimmungen gehalten. Man sieht aber aus der im §217. gegebenen Tafel, daß, wenn ich, zumal für Messing, des P. Herbert oder D. Juan Bestimmungen hätte zum Grunde legen wollen, die Hitze für glühendes Messing merklich würde geringer herausgekommen seyn. Ich that es aber nicht, weil mir aus andern Gründen Muschenbroecks Angaben zuverlässiger vorkommen, wenn sie auch nicht bis auf die geringsten Kleinigkeiten richtig sind (§. 218. 219. 230. 288.)

§. 446.

Mariotte hat durch Versuche gefunden, daß Glas zerreißet, wenn es zwischen $\frac{1}{32}$ und $\frac{1}{34}$ Theil seiner Länge ausgedehnt wird. Da er die Versuche wohl nicht in der Winterkälte angestellt hat, so werde ich für diese, die letztere Bestimmung annehmen, und demnach sehen, daß das Glas vom Frierpunct bis zum Glühen oder Schmelzen um $\frac{1}{34}$ Theil seiner Länge ausgedehnt werde. Nun schmelzt nach Amontons Versuche (§. 330.) dünnes Glas, das vielleicht an sich schon leichtflüssig war, beym 766 Fahrenheitischen oder 2509ten Grade des Luftthermometers. Dieses giebt 1509 Grad über dem Frierpunct: Demnach

$$1509:370 = \frac{1}{34}:\frac{1}{555}$$

Das Glas dehnt sich also diesen Angaben zufolge vom Frierpunct bis zum Siedepunct um $\frac{1}{555}$ oder 0,00064 seiner Länge aus. Diese Bestimmung kömmt unter den drey oben (§. 217) angegebenen, der von D. Juan am nächsten, die an sich schon zwischen denen von Zerbert und Bouguer das Mittel hält, übrigens aber von beyden merklich abgeht.

§. 447.

Vergleichungen von dieser Art gehen nun bey weichen Körpern wenig oder gar nicht an, und beym Holze ebenfalls nicht, weil sich dabey das hygrometrische mit dem pyrometrischen vermengt. (§. 221.) Ich habe indessen einen Stab von Birnbaumholze, welcher 390 rheinl. Linien lang, $6\frac{1}{4}$ breit und 4 dick war, durch Anhängung eines halben Berliner Pfundes am einen Ende auf 46,5 Linien her:ef. Figur. untergebogen. Hieraus ergab sich der Halbmesser der Krümmung in C,

$$CE = \frac{390 \cdot 390}{3 \cdot 46,5} = 1090 \text{ Linien.}$$

und die Ausdehnung in D = $\frac{1090}{1090} = \frac{1}{343}$ Theil der Länge. Die in einer Distanz = CD = 2 Linien anzubringende biegender Kraft würde ferner

$$= \frac{390}{2} \cdot \frac{1}{2} = 97\frac{1}{2} \text{ Pfund}$$

seyn. Nun ist (§. 436.) die gerade hinauszerreißende 3mal größer, demnach = 292 $\frac{1}{2}$ Pfund für $\frac{1}{3} \cdot \frac{2}{3} = \frac{2}{9}$ Rheinl. Quadratzoll Durchschnitt. Nun wird nach Muschenbroeck das Holz von $\frac{7200}{10000}$ Quadratzoll Dicke, mit etwa 1000 bis 1200 Pfund Kraft zerrissen. Dieses giebt für $\frac{2}{9}$ Quadratzoll eine Kraft von 2400 und mehr Pfund. Und damit wäre.

$$292\frac{1}{2} \text{ Pfund: } 2400 \text{ Pfund} = \frac{1}{343}:\frac{1}{54}$$

Das Holz dehnt sich demnach, ehe es zerreißet, um $\frac{1}{54}$ Theil seiner Länge aus. Dieses würde nun auch die Wärme thun, wenn nicht das Holz beym Erhitzen sehr stark eintröcknete.

§. 448.

Die bisher angegebene Vergleichung der Kraft der Wärme mit der spannenden Kraft, giebt nun näher an, was man durch die Kraft der Wärme in den Körpern zu verstehen hat. Beyde beziehen sich auf die Durchschnittsfläche, die man sich gedenkt, wenn die an derselben liegenden Theilchen des Körpers getrennt

werden sollen. Aus dem §. 428. ergibt sich, daß diese Kräfte, sofern sie auf eine Quadratlinie Rheinfl. wirken

bey Messing = 835 Pfund.

bey Eisen = 976 Pfund.

und demnach allerdings sehr beträchtlich sind.

§. 449.

Nun haben wir oben (§. 47. f.) die Kraft der Wärme in der Luft ungleich geringer gefunden, dabey aber doch angemerkt, daß einerley Wärme in dichter Luft mehr Kraft hat, je dichter die Luft ist. Die Kraft der Wärme in der äußern Luft ist ihrer Schnellkraft und demnach dem Drucke einer Quecksilbersäule von etwa 28 Rheinfl. Zollen gleich. Dieses giebt auf eine Quadratlinie einen Druck von 0,102 Pfund, welcher demnach 8000 bis 9000mal geringer ist, als der Druck der Wärme auf eine Quadratlinie in glühendem Messing oder Eisen. Es lassen sich nun aber diese Verhältnisse näher zusammenrücken. Denn einmal ist die Kraft der Wärme bey glühenden Metallen 4mal stärker als in der Kälte des Frierpuncts, dadurch werden die 8000 auf 2000 herunter gesetzt. Wenn nun aber die Luft auch nur wasserdichte (§. 55.) zusammengedrückt gedacht wird, so wird die Kraft, Wärme, und Elasticität derselben, zufolge der Mariottischen Regel, 800mal stärker. Damit kommen wir den erstbemeldten 2000 schon merklich näher. Es kann aber leicht seyn, daß die sogenannte fixe Luft in den Körpern noch dichter ist. (§. 52.)

§. 450.

Dieser Umstand, daß einerley Wärme in dichter Luft und so auch in dichtern Körpern mehr Kraft hat, rührt nun größtentheils daher, daß die Theilchen der Körper den Stoß, so sie von den Feuertheilchen erhalten fortpflanzen, und ihn, so zu sagen, dadurch vervielfältigen. Außerdem kann es auch seyn, daß, da die Feuertheilchen von den Körpern an sich gezogen werden, ihre Geschwindigkeit beym Eindringen vermehret wird, und eben dadurch mehrere Kraft erhält, die, wenn die Feuertheilchen wieder aus dem Körper weggehen, ebenfalls wieder wegfällt. Hierzu kommt dann noch das Zurückprallen der Feuertheilchen von der innern Oberfläche der Körper, (§. 387.) welche macht, daß von den Feuertheilchen, die z. E. aus Wasser in Wasser übergehen würden, der größte Theil, nemlich $\frac{9}{10}$ zurückprellt, wenn sie aus Wasser in Luft gehen sollen. Dieses macht, daß von den Feuertheilchen, die sich im Wasser das Gleichgewicht halten, nur der $\frac{1}{10}$ Theil nöthig ist, um den Feuertheilchen in der Luft das Gleichgewicht zu halten. Damit aber dieser $\frac{1}{10}$ Theil das Gleichgewicht halten könne, sind dennoch die übrigen $\frac{9}{10}$ in dem Wasser nothwendig, weil immer auch die Cohäsionskräfte der Wassertheilchen von Seiten der Feuertheilchen ein Gleichgewicht fordern.

§. 451.

Es trägt nun ebenfalls der Umstand, daß die Theilchen der Körper den Stoß der Feuertheilchen fortpflanzen, und so zu sagen, vervielfältigen, mit dazu

ben, daß in dichtern Körpern zu gleicher Wärme weniger Feuertheilchen erfordert werden, als in lockeren Körpern. Nur muß man daraus nicht schließen, daß die Menge in umgekehrter Verhältniß der Dichtigkeit sey, oder von der Dichtigkeit allein abhängt. Die Cohäsionskräfte kommen noch viel mehr als die Dichtigkeit in Betrachtung. Wir haben oben (S. 308.) gefunden, daß bey gleicher Wärme die Menge der Feuertheilchen in einem Cubiczele Quecksilber, Weingeist und Wasser sich wie die Zahlen 4, 6, 7 verhalte. Diese Zahlen sind nicht nur nicht in umgekehrter Verhältniß der Dichtigkeit oder specifischen Schwere, sondern gehen in Ansehung des Weingeistes, der noch leichter als das Wasser ist, ganz davon ab. Eine ähnliche Ausnahme fand man bey dem Aufsteigen des Weingeistes in den Haarröhrchen, als man sah, daß das Wasser in denselben fast um die Hälfte höher stand. Man hatte das Gegentheil erwartet, weil der Weingeist leichterer Art ist. Die Erwartung schlug fehl, und man mußte den Schluß machen, daß der größern Leichtigkeit unerachtet, die Cohäsionskräfte im Weingeiste stärker sind als im Wasser. Einen ganz ähnlichen Umstand fand man auch bey der Strahlenbrechung, die im Weingeiste stärker als im Wasser ist. Newton schloß daraus, daß der Weingeist die Lichtstrahlen mit mehr Kraft gegen sich ziehe als das Wasser. Und dieses mag wohl auch in Ansehung der Feuertheilchen statt haben.

S. 452.

Da die Kraft, womit die Wärme feste Körper ausdehnt, beträchtlich groß ist, so ist man auch längst schon auf die Gedanken gerathen, eine so große Kraft zu nutzen. Was aber dabey hinderlich war, ist, daß eine so große Kraft einen sehr kleinen Weg durchläuft, und demnach bey Maschinen nicht viel damit auszurichten ist. Indessen ist man, so viel ich weiß, darauf verfallen, vermittelst der Ausdehnung der Metalle, eine Uhr zu machen, die sich bloß durch die Abwechslung von Wärme und Kälte von selbst aufzieht. Bey Taschenuhren ist die zum Aufziehen nöthige Kraft geringe. Trägt man sie bey sich, so erwärmen sie sich leicht bis auf den 30sten Reaumur'schen Grad, und wenn man sie wieder von sich legt, so nehmen sie die, mehrentheils um 10, 20 bis 30 Grade, geringere Wärme der Luft an.

S. 453.

Ueber die ausdehnende Kraft der Wärme können wir nun, vermöge der vorhergehenden Versuche, folgenden Ueberschlag machen. Aus den Bestimmungen (S. 441.) ein Mittel genommen ist, die größte Ausdehnung

des Messings $\frac{1}{115}$

des Eisens $\frac{1}{190}$

seiner Länge. Und dazu werden, wenn die Stange eine Quadratlinie Rheinl. Dicke ist. (S. 428.)

beym Messing 835 Pfund,

beym Eisen 976 Pfund

Kraft

Kraft erfordert. Nun dehnt sich nach Muschenbroeck vom Frier- zum Siede-
punct

das Messing um $\frac{1}{993}$ Theil,
das Eisen um $\frac{1}{1387}$ Theil

seiner Länge aus. Demnach haben wir

$$\frac{1}{113} : \frac{1}{993} = 835 \text{ Pfund} : 97 \text{ Pfund.}$$

$$\frac{1}{190} : \frac{1}{1387} = 9.6 \text{ Pfund} : 136 \text{ Pfund.}$$

Also ist für 80 Reaumur'sche Quecksilbergrade die Kraft eine Quadratlinie dicke
Stange auszudehnen

beym Messing = 97 Pfund,
beym Eisen = 136 Pfund.

Und dieses giebt für jeden Grad

beym Messing 1,2 Pfund,
beym Eisen 1,7 Pfund.

Ist die Stange dicker, so nimmt diese Kraft in Verhältniß der Quadratfläche der
Dicke zu. Sie ist also für 1 Quadrat Zoll dickes

Messing = 175 Pfund,
Eisen = 245 Pfund,

so oft die Wärme um einen Grad des Reaumur'schen Quecksilberthermometers
zunimmt.

§. 454.

Bei flüssigen Materien sind die Cohäsionskräfte durch die Wärme schon
größtentheils gehoben. Indessen bleibt doch noch ein Theil davon übrig. Und
es scheint, daß selbst der Druck der äußern Luft zur Verstärkung derselben etwas
beyträgt, weil bey schwererer Luft siedend Wasser mehr Hitze erhalten kann. Nach
den oben (§. 193.) angeführten de LUC'schen Versuchen, ist die Hitze

Barom.	Reaum. & Therm.	Luftthermometer.
29 Zoll.	81, 8	1378, 3
19 Zoll.	72, 8	1336, 7
folglich : : 0	55, 7	1257, 6

Demnach verstärkt der Druck der Luft von 29 Pariser Zollen Barometerhöhe die
Hitze des siedenden Wassers um $1378,3 - 1257,6 = 120,7$ Grae des Luft-
thermometers, welches für 28 Zoll Barometerhöhe 116,5 Grade giebt. Da
demnach in luftleerem Raume das siedende Wasser noch die Kraft der Wärme von
1257,6 Graden des Luftthermometers aushält, und durch den Druck der äußern
Luft nur um 116,5 Grade oder $\frac{1}{11}$ Theil verstärkt wird, so folgt hieraus, daß
die im siedenden Wasser noch wirkende Cohäsionskräfte so viel als der 11fache Druck

der äußern Luft betragen. Der Druck der äußern Luft auf eine Quadratlinie beträgt $\frac{1}{10}$ Pfund (S. 449.) Und so mag der Druck der Cohäsionskräfte im siedenden Wasser auf eine Quadratlinie etwa ein Pfund betragen.

Zweytes Hauptstück.

Kraft der Wärme bey Mischungen.

Erster Abschnitt.

Schmelzbarkeit gemischter Materien.

S. 455.

Wenn flüssige oder flüssiggemachte Materien durch einander gemischt werden, so ändert sich nicht nur ihre Dichtigkeit, sondern auch die Cohäsionskräfte, und mit diesen auch die Wirkungen der Wärme, so daß sie nachgehends leichter oder schwerer in Fluß zu bringen sind. Daher sind die verschiedene Lothe entstanden, die von Zinngießern, Kupfer-, Silber- und Goldschmieden u. zum Löthen gebraucht werden. Man nennet Schnellloth, was leicht und schnell löthet, und dieses wird gewöhnlich aus 5 Theilen Wismuth, 3 Theilen Zinn und 2 Theilen Bley zusammengeschnitten. Es braucht zum Schmelzen kaum eine größere Hitze als die von siedendem Wasser ist. Und wenn das Barometer über 28 Pariser Zollen hoch steht, so schmelzt es in siedendem Wasser. Das schwerflüssigere Schnellloth besteht aus 3 Theilen Zinn und 2 Theilen Bley. Man nennt ferner Schlagloth, was beim Hämmern nicht losgeht. Um Gold zu löthen, ist das leichtflüssigste aus 2 Theilen Gold, 1 Theil Silber und 1 Theil Kupfer zusammengesetzt. Um Silber zu löthen, besteht das feine Schlagloth aus 2 Theilen Silber und einem Theile Messing, das harte aus 2 Theilen Prob Silber und einem Theil Messing, das weiche aus 8 Theilen Prob Silber und einem Theile Zink. Endlich um Messing zu löthen werden zu einem Theile Zink 3 bis 5 Theile Messing genommen.

S. 456.

Unter denen Versuchen, die Newton über verschiedene Grade der Wärme angestellt hat, (S. 105. 264.) kommen die von den Graden der Flüssigkeit verschiedener Mischungen auch vor. Es sind in ihre gehörige Classen geordnet folgende:

Grade des Luftthermo- meters.	schmelzende oder zu fließen aufgehende Materien.
1763	stockend Zinn.
1785	schmelzend Zinn.
1880	schmelzender Wismuth.
2032	stockend Bley.
2043	schmelzend Bley.
1522	schmelzend Loth von 1 Theil Zinn, 1 Theil Wismuth.
1620	schmelzend Loth von 2 Theilen Zinn, 1 Theil Wismuth, wie auch stockend Loth von 5 Theilen Zinn und 2 Theilen Wismuth.
1740	schmelzend Loth von 8 Theilen Zinn, 1 Theil Wismuth.
1620	schmelzend Loth von 3 Theilen Zinn und 2 Theilen Bley.
1880	schmelzend Loth von 1 Theil Zinn und 4 Theilen Bley.
1620	stockend Loth von gleich viel Bley und Wismuth.
1447	1 h + 4 2 + 5 Wismuth schmelzt.
1370	2 h + 3 2 + 5 Wismuth schmelzt.
2589	stockender Reg. 8 mart.
2480	5 Theilen Reg. + 1 Theil Zinn stocken.
2240	schmelzende Mischung von gleich viel Reg. und 2.
2240	schmelzende Mischung von 7 Theilen Wismuth und 4 Theilen Reg.
2479	schmelzende Mischung von 1 Theil Wismuth und 2 Theilen Reg.

§. 457.

Es stelle nun B 2 das Gewicht der Mischungen von Wismuth und Zinn 6. Figut. vor, und für jede Mischung nehme man einen Punct an, der desto näher bey 2 sey, je mehr Zinn in der Mischung ist, daß sich B 2 zu B P verhalte, wie das Gewicht der Mischung zu dem Gewichte des darinn befindlichen Zinnes. Sodann trage man den zum Schmelzen derselben erforderlichen Grad des Luftthermometers oder eigentlich den Ueberschuß über 1370, als den Grad der leichtesten Schmelzbarkeit nach dem in B gezeichneten Maasstabe aus P in M: so wird man eben so viele Ordinaten erhalten als in vorstehender Tafel Mischungen von Wismuth und Zinn angegeben sind. Die Mischungen von Zinn und Bley trage man auf eben die Art zwischen 2 h, und die von Bley und Wismuth zwischen h W. In B, 2, h, W trage man den Grad der Schmelzbarkeit von Wismuth, Zinn, Bley und nochmals Wismuth auf. Eben so verfabre man zwischen C D mit denselben Mischungen, wo zum Wismuth noch Bley und Zinn zugleich genommen wor-

den, und auf C, D richte man die Ordinaten für den Grad der Schmelzbarkeit auf, wo zum Bismuth nur Bley oder nur Zinn genommen worden.

§. 458.

Der Erfolg zeigt, daß die Ordinaten so ziemlich in geraden Linien liegen, und in der That als solche angenommen werden können. Es giebt also bey jeder Art von Mischung dieser drey Materien eine Mischung, wo der Grad der Schmelzbarkeit am geringsten ist, man mag sie nun zu zweyen und zweyen oder alle drey zusammenmischen. Dieser Grad der leichtesten Schmelzbarkeit läßt sich aus Newtons Angaben nicht unmittelbar finden. Es finden sich aber zweyen Umstände, welche machen, daß er durch Schlüsse noch so ziemlich genau herausgebracht werden kann. Der erste ist der so eben erwähnte, daß nemlich die Ordinaten in geraden Linien liegen. Dieses macht, daß es nur nöthig ist, die Punkte F, H, K, L zu finden, bis wohin diese Linien müssen verlängert werden. Der zweyte Umstand ist der Satz, daß die Verhältniß, welche bey der Mischung zweyer Materien die leichteste Schmelzbarkeit bewirkt, eben dieselbe bleibt, wenn man für die Mischung aller drey Materien den Grad der leichtesten Schmelzbarkeit finden will. Dieser Satz kann durch sich selbst geprüft werden, weil von den drey Verhältnissen zwey, das dritte an sich schon bestimmen.

§. 459.

S. j. E. wenn eine Mischung von 3 Theilen 4 + 2 Theilen h leichter schmelzt als andere Verhältnisse, so wird diese leichteste Schmelzung bleiben, wenn noch Bismuth hinzukommt. Also wird $4G = OD$ seyn. Und die Erfahrung giebt, daß zum leichtflüchtigsten Loth

$$5B + 34 + 2h$$

genommen werden. Nach diesen Verhältnissen wird man

$$BE = \frac{3}{5+3} \cdot B4$$

und

$$IW = \frac{2}{5+2} \cdot W h$$

erhalten. Und damit sind die Ordinaten für die Grade der leichtesten Schmelzbarkeit bestimmt.

§. 460.

17. Figur.

Man lege nun ferner die drey Linien B4, 4h, hW in Form eines Triangels, so werden sich die aus den Punkten E, G, I nach den Ecken h, B, 4 gezogenen Linien in dem Punct O durchschneiden. Und dieses wird der Punct der leichtesten Flüssigkeit für alle drey Materien seyn. Dieser Triangel kann nun alle mögliche Mischungen von Zinn, Bley und Bismuth vorstellen. Man gedenkt

sich das Gewicht einer jeder dieser Materien in den Ecken A, h, B , und man sucht den gemeinsamen Schwerpunct, so wird dieser den Ort angeben, wo die Mischung muß gesetzt werden. Wenn man $z. E.$ für die leichtflüchtigste Mischung in $A 3$, in $h 2$, in $B 5$ gleiche Gewichte setzt, so fällt ihr gemeinsamer Schwerpunct in O .

§. 461.

Man gedenke sich nun ferner, daß der Triangel der Boden eines Prisma sey, dessen Höhe über den Puncten B, E, A, G, h, I, O die Grade der zum Schmelzen erforderlichen Wärme oder die Ordinaten eben dieser Puncte in der 26sten Figur sind, so wird dieses Prisma ein sechsflächichtes Dach erhalten, und die aus den vorhin (§. 460.) erwähnten Schwerpuncten bis an dieses Dach aufgerichteten Ordinaten, werden den Grad der Schmelzbarkeit angeben.

§. 462.

Man hat bey der Mischung von Metallen, so wie auch bey andern flüssigen Materien schon bemerkt, daß sie in Absicht auf die Dichtigkeit oder Schwere der archimedischen Regel nicht immer folgen. Hier sieht man, daß sie in Ansehung des Grades der Schmelzbarkeit eine ganz eigene Wendung nehmen. Man muß sich $z. E.$ zwischen Wismuth, welches bey dem Grade der Wärme b schmelzt, ^{26. Figur.} und zwischen Zinn, welches den Grad der Wärme Z erfordert, eine leichtflüchtigste Mischung gedenken, welche zum Schmelzen nur den Grad der Wärme F verlangt, und die aus $B E$ Theilen Zinn und $E 4$ Theilen Wismuth zusammengesetzt ist. Diese Mischung ist die leichtflüchtigste, und muß in der Rechnung zum Grunde gelegt werden. Sie besteht aus 5 Theilen Wismuth und 3 Theilen Zinn.

§. 463.

Setzt man nun dieser Mischung etwas Zinn zu, so erhält man eine Mischung, welche zwischen E, A fällt. Hingegen fällt sie zwischen E, B , wenn man Wismuth zusetzt. Im ersten Fall dient die Linie $F Z$, um den Grad der Schmelzbarkeit zu bestimmen: im andern Fall aber muß die Linie $F b$ gebraucht werden.

§. 464.

Man setze, daß man eine Mischung von B Theilen Wismuth und 4 Theilen Zinn habe, so ist $B + 4$ das Gewicht derselben und der ganzen Abscisse $B 4 = 1$ proportional. Ist nun an sich schon $B : 4 = 5 : 3$, so ist auch die Mischung an sich schon die leichtflüchtigste. Wir wollen aber setzen, daß zu viel Zinn darinn sey, so wird $B : (B + 4) > B E$ seyn. Es sey demnach

$$\frac{4}{B + 4} = B P$$

Da nun

$$B E = \frac{3}{5}$$

so wird

$$E P = \frac{4}{B + 4} - \frac{3}{8} = \frac{5 \cdot 4 - 3 B}{8(B + 4)}$$

und dieses giebt

$$P M = E F + \frac{5 \cdot 4 - 3 B}{5(B + 4)} \cdot (4 Z - E F)$$

den zum Schmelzen der Mischung erforderlichen Grad der Wärme.

§. 465.

Diese Formel löset sich in folgende auf:

$$P M = \frac{(1 + \frac{3}{8} B) \cdot E F + (4 - \frac{3}{8} B) \cdot 4 Z}{B + 4}$$

Hier ist nun $(1 + \frac{3}{8} B)$ der leichtflüchtigste Theil der Mischung. Denn zu B Theilen Wismuth müssen $\frac{3}{8} B$ Theile Zinn genommen werden. (§. 462.) Man sieht auch in dem zweyten Gliede, daß diese $\frac{3}{8} B$ Theile von den 4 Theilen Zinn abgezogen sind, so daß also noch $4 - \frac{3}{8} B$ Theile Zinn bleiben. Diese Formel will demnach sagen, es seyen in der Mischung

$(1 + \frac{3}{8} B)$ Theile vom leichtflüchtigsten Loth, welche bey dem Grade der Wärme $E F$ schmelzen, und dann noch

$(4 - \frac{3}{8} B)$ Theile Zinn, welche bey dem Grade der Wärme $4 Z$ schmelzen; und daß, wenn von diesen Theilen ein jeder mit seinem Grade der Schmelzbarkeit multiplicirt, und die Summe der Producte durch die ganze Masse $B + 4$ getheilt wird, man den Grad der Schmelzbarkeit der fürgegebenen Mischung erhalte.

§. 466.

Dieses ist für den Fall, wo P zwischen E 4 fällt. Ist hingegen zu viel Wismuth in der Mischung als daß sie am leichtflüchtigsten seyn könnte, so wird P zwischen B E z. E . in Q fallen, und

$$\frac{4}{B + 4} < \frac{3}{8}$$

seyn. Man erhält alsdann den Grad der Schmelzbarkeit

$$Q N = E F + \frac{3 B - 5 \cdot 4}{3(B + 4)} \cdot (B b - E F)$$

oder

$$Q N = \frac{(1 + \frac{3}{8} B) \cdot E F + (B - \frac{5}{3} \cdot 4) \cdot B b}{B + 4}$$

Diese letztere Formel zeigt ebenfalls, daß $(1 + \frac{3}{8} B)$ 4 vom leichtflüchtigsten Lothe, und dann noch $(B - \frac{5}{3} \cdot 4)$ Theile Wismuth in der Mischung sind, daß jeder dies

fer Theile mit dem Grade seiner Schmelzbarkeit müsse multiplicirt, und die Summe der Producte durch die ganze Masse $B + 2 + h$ getheilt werden.

§. 467.

Was ich hier von Wismuth und Zinn gesagt habe, gilt ebenfalls, wenn Wismuth und Bley, oder Zinn und Bley gemischt werden. Man gebraucht alsdann die Abscissen h W oder $2 h$. Ich werde nun aber aufs allgemeinste den Fall vornehmen, wo die Mischung aus allen drey Materien zusammengesetzt, und demnach $= B + 2 + h$ ist.

§. 468.

Wegen leichterer Berechnung setze ich jede der drey Seiten des Triangels ²⁷Figur. $B 2 h = 1$. Sodann setze ich den Fall, wo in der Mischung am meisten Zinn und am wenigsten Wismuth ist, nemlich nach Maaße dessen, was zur größten Leichtflüssigkeit erfordert wird. Diesemnach wird

$$Y 2 = \frac{h}{2 + h}$$

gemacht und $B Y$ gezogen. Ferner machet man

$$B A = \frac{2 + h}{B + 2 + h}$$

und demnach

$$A 2 = \frac{B}{B + 2 + h}$$

und zieht $A T$ mit $2 h$ parallel; so wird T der fürgegebenen Mischung entsprechende Punct seyn.

§. 469.

Man ziehe ferner aus O durch T die Linie $O S$. In G und 2 gedenke man sich die Grade der Schmelzbarkeit $G H$, $2 Z$ aus der 26sten Figur als auf der Ebene des Triangels aufgerichtet, so wird $S V$ der Grad der Schmelzbarkeit für den Punct S seyn, und eben so wird $T t$ den Grad der Schmelzbarkeit für den Punct T vorstellen.

§. 470.

Um nun den Werth von $T t$ zu bestimmen, ziehe man $O X$ mit $2 h$ parallel, so ist

$$\begin{aligned} X 2 &= \frac{1}{2}. \\ X O &= \frac{1}{5}. \\ G 2 &= \frac{2}{5}. \end{aligned}$$

und ferner

$$A T = \frac{B A}{B 2}, \quad 2 Y = \frac{h}{B + 2 + h}$$

$$A X = \frac{1}{2} - A Z = \frac{2 + h - B}{2(B + 2 + h)}$$

und

$$A X : (X O - A T) = X Z : X(O - S Z)$$

woraus

$$S Z = \frac{5h - 2B}{5(2 + h - B)}$$

gefunden wird.

S. 471.

Wir haben nun ferner

$$S V = 2 Z - \frac{S Z}{2 G} (2 Z - G H)$$

welche Gleichung

$$S V = \frac{2 Z (2 - \frac{1}{2} h) + (\frac{1}{2} h - B) \cdot G H}{2 + h - B}$$

gibt. Endlich findet sich

$$T t = \frac{S V \cdot A X}{X Z}$$

woraus

$$T t = \frac{(2 - \frac{1}{2} h) 2 Z + (\frac{1}{2} h - B) \cdot G H}{B + 2 + h}$$

folgt. Und um so viel erfordert die Mischung mehr Hitze als zu der leichtflüchtigsten Mischung ($5 B + 3 Z + 2 h$) nöthig ist.

S. 472.

Aus dieser Formel wird nun wiederum folgende Berechnungsart hergeleitet. Da in der Mischung am wenigsten Wismuth ist, so wird der leichtflüchtigste Theil derselben aus

B Theilen Wismuth,

 $\frac{3}{2}$ B Theilen Zinn, $\frac{2}{5}$ B Theilen Blei

bestehen. Diese ziehe man von der ganzen Masse ab, und es bleiben

 $2 - \frac{3}{2} B$ Theile Zinn, $h - \frac{2}{5} B$ Theile Blei

Da nun ebenfalls am wenigsten Blei ist, so wird der leichtflüchtigste Theil von diesem Ueberreste aus

 $h - \frac{2}{5} B$ Theilen Blei, $\frac{3}{2} (h - \frac{2}{5} B)$ Theilen Zinn

bestehn,

bestehn, und wenn man auch diese abrechnet, werden noch

$$(4 - \frac{2}{3} B) - \frac{2}{3} (h - \frac{2}{3} B) = 4 - \frac{2}{3} h$$

Theile Zinn bleiben.

§. 473.

Die Mischung kann demnach angesehen werden, als wäre sie aus folgenden Theilen zusammengesetzt:

1°. Aus $B + \frac{2}{3} B + \frac{2}{3} B = 2 B$ Theilen vom leichtflüssigsten Schnellloth, so aus $B, 4, h$ gemacht werden kann.

2°. Aus $(h - \frac{2}{3} B) + \frac{2}{3} (h - \frac{2}{3} B) = \frac{2}{3} h - B$ Theilen vom leichtflüssigsten Loth, so aus $4, h$ gemacht werden kann.

3°. Aus $4 - \frac{2}{3} h$ Theilen Zinn.

Nun wird jede dieser Portionen mit dem Grade ihrer Schmelzbarkeit multiplicirt, und die Summe der Producte durch die ganze Masse $B + 4 + h$ getheilt. Und so erhält man den Grad der Schmelzbarkeit der fürgegebenen Mischung.

§. 474.

Da ich, Kürze halber, nur den Ueberschuß über den geringsten Grad der Schmelzbarkeit genommen, und demnach diesen $= 0$ gesetzt habe; so fällt das erste Product weg. Die beyden andere geben den Ueberschuß

$$T t = \frac{(4 - \frac{2}{3} h) \cdot 4 Z + (\frac{2}{3} h - B) \cdot G H}{B + 4 + h}$$

welches gerade die vorhin (§. 471.) gefundene Formel ist.

§. 475.

Ein Mittel aus den Newtonschen und andern Versuchen genommen, finde ich nun folgende Grade der Schmelzbarkeit und größten Leichtflüssigkeit:

Grade des Luftthermo- meters.	Ordnaten.	eben die in Graden des Luftthermo- meters.	in Graden des Fahr- renh Ther- mometers.	Mischung- gen.	Grade des Fahrerb. Thermom.
1880	B b	510	248	Bismuth.	460
1814	4 Z	444	216	Zinn.	428
2040	h p	670	326	Wey.	538
1442	E F	72	35	$5B + 34$	247
1440	I K	70	34	$5B + 2h$	246
1614	G H	214	129	$34 + 2h$	311
1370	O	0	0	$5B + 34 + 2h$	212

§. 476.

Wenn nun der Grad der Schmelzbarkeit einer Mischung aus Bismuth, Zinn und Bley zu berechnen, so sieht man nach, wieviel von dem leichtflüchtigsten Loth darinn ist, und wieviel noch von einem der drey übrigen leichtflüchtigern Lothen darinn enthalten seyn mag. Es sey, E. die Mischung = 5 B + 4 Z + 1 h, so wird die Rechnung, um Brüche zu vermeiden, am süglichsten folgendergestalt gemacht:

$$\begin{array}{r}
 \text{B} \quad \text{Z} \quad \text{h} \\
 10 + 8 + 2 = 20 \text{ die fürgegebene Mischung.} \\
 \hline
 5 + 3 + 2 = 10. \quad 1370 = 13700 \\
 \hline
 5 + 5 \\
 5 + 3 \quad = 8. \quad 1442 = 11536 \\
 \hline
 2 \quad = 2. \quad 1814 = 3628 \\
 \hline
 \quad \quad \quad 20 \quad \quad 28864 \\
 \hline
 \frac{28864}{20} = 1443, 2.
 \end{array}$$

Newton fand : : : 1447 und demnach nur um etwas wenigens mehr. In dieser Mischung war am wenigsten Bley. Dieses bestimmte demnach, wie viel von dem leichtflüchtigsten Loth darinn war. Für die Mischung von gleich vielen Theilen, steht die Rechnung folgendermaßen:

$$\begin{array}{r}
 \text{B} \quad \text{Z} \quad \text{h} \\
 15 \quad 15 \quad 15 \\
 15 + 9 + 6 = 30. \quad 1370 = 41100 \\
 \hline
 6 + 9 \\
 6 + 4 \quad = 10. \quad 1614 = 16140 \\
 \hline
 5 = 5. \quad 2040 = 10200 \\
 \hline
 \quad \quad \quad 45 \quad \quad 67440 \\
 \hline
 \frac{67440}{45} = 1499
 \end{array}$$

Die gleichtheilige Mischung schmelzt demnach beym 1499 oder 1500ten Grade des Luftthermometers,

§. 477.

Nach dieser Berechnungsart habe ich nun die oben (§. 265.) von Ziegler angegebenen Mischungen vorgenommen, und finde folgende Unterschiede:

Mischungen.			Grade des Luftthermo- meters.		Unterschiede.
B	4	h	berechnet.	beobachtet.	
5	+	3	1370	1374	+ 5
5	+	4	1410	1425	+ 15
5	+	5	1425	1475	+ 50
5	+	6	1472	1516	+ 44
5	+	7	1497	1545	+ 48
5	+	8	1518	1563	+ 45
5	+	13	1592	1608	+ 16
5	+	23	1666	1633	- 33

Die Unterschiede sind ziemlich groß. Es ist aber zu bemerken, daß Ziegler die Versuche auf seinem Siedetopfe mit größern Massen angestellt hat, wo das in denselben stehende Thermometer langsamer als die Materien selbst erkältete. Es kann auch seyn, daß sein Wismuth, Zinn und Bley mit dem Newtonschen nicht von gleicher Beschaffenheit gewesen. Und dann, wenn diese Materien erst flüßig gemacht werden, so geschieht es leicht, daß ein Theil davon verbrennt, und dieses mag das Verhältniß zwischen denselben ziemlich stark ändern.

S. 478.

Newton hat noch mit Mischungen von Reg. ζ δ , Wismuth und Bley Versuche angestellt. (S. 457.) Ich habe dieselben in der 28ten Figur nach einerley Maasstab, wie die vorhergehenden, gezeichnet. Man sieht daraus, daß die Mischungen schwerflüssiger werden als sie nach einer der archimedischen ähnlichen Regel werden sollen. Denn diese Regel würde fordern, daß $b\mu\zeta$, und so auch $\zeta v Z$ gerade Linien seyn. Beyde aber biegen sich aufwärts, wiewohl letztere nur um etwas sehr wenig.

S. 479.

Es hat Ziegler einen nicht unbeträchtlichen Gebrauch von solchen Mischungen vorgeschlagen, da sie für größere Grade von Hitze als Thermometer dienen können, wo man einen Körper nur bis auf einen bestimmten Grad erwärmen oder auch dessen Wärme bestimmen will. Man mache aus solchen Mischungen dünne Stänglein, so daß ein jedes seinen bestimmten Grad von Schmelzbarkeit habe. Drückt man nun die Spitze eines solchen Stängleins an den erhitzten Körper, so sieht man ohne Mühe, ob die Spitze zu schmelzen anfängt oder ob sie nur weich wird. Mit Wismuth, 4, h, Reg. δ können solche gemacht werden, die vom Siedepunct an bis zum 2600ten Grad des Luftthermometers gehen. Vom 1270sten bis zum 1614ten, muß nothwendig Wismuth mitgebraucht werden. Für die höhern Grade aber thut man besser, wenn man nur Zinn und Bley ge-

braucht, weil diese besser fließen. Weiter hinaus kann man noch ohne Mühe schwerflüssigere Lothe finden. (S. 455.) Die Berechnung hat mit der sogenannten Alligationsregel viele Aehnlichkeit.

S. 480.

Uebrigens kommt außer dem Umstande, daß beim Zusammenschmelzen solcher Mischungen ein Theil verbrennt wird, noch der Unterschied der verschiedenen Güte der Metalle selbst vor. Herr Martzgraf hat mir einige Versuche mitgetheilt, die er um das leichtflüssigste Schnellloth zu bestimmen, mit reinem Zinn, Blei und Wismuth angestellt hat, als er vernommen, man habe in England eine Mischung gefunden, welche in kochendem Wasser flüssig würde. Da seine Absicht nur dahin gieng, die Verhältniß der Theile zu finden, so hat er es auch bey diesem Kennzeichen bewenden lassen. Den Erfolg seiner Versuche stellt folgende Tafel vor:

zusammengeschmolzene Theile von			Erfolg im siedenden Wasser.
B	z	h	
1	1	1	floß nicht.
2	1	1	klarförmig, floß und nahm den Abdruck eines Petschaft an.
4	1	1	grobkörnig, floß leicht, und nahm ein Petschaft an.
10	3	3	gröber Korn, ebenfalls.
5	1	1	grob Korn, wollte nicht fließen.
5	3	2	grob Korn, war nicht leichtflüssig.
6	3	2	floß noch schlechter.
1	—	1	wurde gar nicht weich.

S. 481.

Wenn anstatt dreier Materien vier oder mehrere gemischt werden, so giebt es wohl in Ansehung der Versuche als der Rechnung mehr Weitläufigkeit. Denn man muß den Grad der Schmelzbarkeit einer jeden für sich bestimmen. Sodann muß man sie zu zwey und zweyen zusammen nehmen, und die Verhältniß der Mischung suchen, woben sie am leichtesten oder auch hinwiederum am schwersten fließen. Eben so verfährt man, indem man sie zu drey und drey, zu vier und vier 2c. zusammenmischer. Die Rechnung wird derjenigen, so ich für zwey (S. 465.) und für drey (S. 472. 475.) Materien angegeben, ganz ähnlich, dabey aber weitläufiger seyn. Es gebraucht übrigens viele Genauigkeit und Vorsichtigkeit bey solchen Versuchen. Denn so z. E. würde ich aus den Zieglerischen (S. 477.) die Regeln nicht so leicht haben herleiten können, die ich aus den Newtonischen (S. 456.)

berg eleitet habe. Diese gaben so gleich an, daß die Linien b F, F Z, Z H re. (26. Fig.) gerade sind. Und dann folgte das übrige von selbst.

§. 482.

Für geringere Grade von Wärme als die vorhin (§. 479.) erwähnte, lassen sich aus Butter, Unschlitt, Wachse, Harz, Pech, Seigenharz, Lack, Schwefel 2c. allerley Mischungen zusammenschmelzen, welche bey beliebigen Graden von Wärme flüßig werden. Für die Grade der Kälte dient besonders das Frieren von Salzaufösungen und gebrannten Wassern, Dehlen 2c. Arnold, den ich bereits oben (§. 247.) angeführt habe, hat in Absicht auf gesättigte Aufösungen, Versuche angestellt, die hier angeführt zu werden verdienen.

Unzen Salz in 8 $\frac{3}{4}$ ∇ .	Reaum. Thermom.	Namen des Salzes.
$3\frac{1}{2}$	— $1\frac{1}{2}$	Sal mir. Glauberi-
$2\frac{1}{2}$	— 5	alum. nat.
$1\frac{1}{2}$	— $5\frac{1}{2}$	alum. calcin.
$3\frac{3}{4}$	— 7	vitrioli Gosl. albid.
3	— $7\frac{1}{2}$	Seignette.
$5\frac{1}{2}$	— $7\frac{3}{4}$	Sal Sedliz.
4	— 8	nitr. depur.
$\frac{7}{12}$	— $11\frac{1}{2}$	Borac.
$4\frac{1}{2}$	— $12\frac{1}{2}$	vitriol. alb.
	— 16	Sal. tart.
$2\frac{1}{2}$	— 18	Sal ammon.
$3\frac{1}{5}$	— $19\frac{1}{2}$	Sal. culin.

Zweyter Abschnitt.

Wärme und Kälte, so bey Mischungen entsteht.

§. 483.

Die Aenderung in der Dichtigkeit und den Cohäsionskräften gemischter Materien, geht gewöhnlich gleich bey der Mischung vor, und hat in Absicht auf das Gleichgewicht zwischen der Kraft der Feuertheilchen und den Cohäsionskräften ebenfalls einen unmittelbaren Erfolg, welcher darinn besteht, daß die Mischung wärmer oder kälter wird, als die Materien vor der Mischung waren. Die Menge der Feuertheilchen wird dadurch nicht geändert. Es bringen aber gleich viele Feuertheilchen in ungleichen Materien ungleiche Wärme hervor, (§. 308.) und so läßt es sich allerdings begreifen, daß die Mischung nicht nothwendig die Wärme der

gemischten Materien behält, sondern mit den geänderten Cohäsionskräften und der Dichtigkeit auch die Wärme ändert. Und dieses kann so weit gehen, daß die Mischung in einigen Fällen zu Eis wird, in andern aber in Flammen ausbricht.

§. 484.

Muschenbroeck hat hierüber einige Versuche angestellt und sie in seiner Uebersetzung der Florentinischen Versuche bekannt gemacht. Ich werde daraus nur einige hersehen, wo sich die Grade der Erwärmung oder Erkältung, mittelst des Thermometers, bestimmen lassen.

Gemischte Materien.				Fahrenheit'sche Grade.	
Gran.		Gran.		vor der Mischung.	nach der Mischung.
240	Salpeter	720	Wasser	45	31
240	Salniac	720	Wasser	45	27
180	Zucker	960	Wasser	44	45
120	Weinsteinsalz	720	Wasser	44	54
240	Branntwein	240	Wasser	44	50
480	Weingeist	480	Wasser	44	57
120	Witriolöl	480	Wasser	45	60
240	Scheidwasser	240	Weinsteinöl <i>p. del.</i>	46	72
90	Zinn	480	Scheidwasser	44	161
60	Wesingseile	480	Scheidwasser	44	159
120	Eisenseile	480	Scheidwasser	44	188
60	Zinnseile	480	Salpetergeist	46	250
120	Wismuth	480	Salpetergeist	48	243

§. 485.

Es ist hiebey zu bemerken, daß das Thermometer den wahren Grad der Erwärmung oder Erkältung, so in der Mischung entsteht, nicht genau anzeigt, denn dieser Grad wird an sich nicht augenblicklich hervorgebracht, und wenn es auch wäre, so braucht das Thermometer einige Zeit, bis es denselben annimmt. Inzwischen aber verlieret die Mischung den Grad der Wärme oder Kälte, den das Thermometer annehmen sollte, und zwar destomehr, je geringer die Masse, und je dicker das Gefäß ist, in welchem die Materien gemischt werden. Die in der Mischung vorgegangene Veränderung der Wärme, ist demnach größer als sie durch das Thermometer angezeigt wird.

§. 486.

Die Unze Weingeistes, welche mit einer Unze Wasser vermischt worden, trieb das Fahrenheit'sche Thermometer vom 44sten auf den 57sten Grad, demnach

die Wärme vom 1025sten auf den 1051sten Grad des Luftthermometers. Nun bringen im Weingeiste 6 Feuertheilchen so viel Wärme hervor als 7 Feuertheilchen in gleich viel Wasser (S. 308.) dem Raume nach gerechnet. Es nimmt aber eine Unze Weingeist, etwa $\frac{1}{2}$ mehr Raum ein als eine Unze Wasser, (S. 201.) folglich kann man sehen, daß in beyden Massen gleich viele Feuertheilchen gewesen. In den zusammengegossenen Massen war die Summe derselben kräftiger als in jeder Masse für sich. Daher entstand mehr Wärme. Nach dem Thermometer zu urtheilen, wurde die Kraft derselben um

$$\frac{1051 - 1025}{1025} = \frac{1}{40}$$

vermehrt. Aus dem vorhin (S. 485.) angeführten Grunde, mag aber die Vermehrung wohl $\frac{1}{30}$ Theil oder auch noch mehr betragen haben. Wenn man dieses genauer bestimmen will, so muß man entweder einen vorläufigen Versuch machen, um zu finden, wie viele Grade das Thermometer bereits haben muß, wenn man nachgehends noch eine Mischung vornimmt und es darein tauchet. Dadurch erhält man, daß das Thermometer wenig oder gar keine Zeit gebraucht, um den Grad der Wärme der Mischung zu erlangen. Denn hat es diesen Grad an sich schon, so wird es in der Mischung weder steigen noch fallen. Oder man kann, wenn das Thermometer die Wärme der Materien vor der Mischung hat, gleich nach geschehener Mischung beobachten, wie viel es von $\frac{1}{4}$ zu $\frac{1}{4}$ Minute steigt, um daraus die Erwärmungs-Subtangente, sowohl der Mischung als des Thermometers zu bestimmen. Das erste Verfahren ist aber kürzer und sicherer, weil das letztere sehr genaue Versuche, Beobachtungen und Rechnungen erfordert.

S. 487.

Ich gedenke übrigens hier die verschiedenen Veränderungen, so bey den Mischungen vorgehen, nicht weiter zu erklären. Es ist genug, daß sie überhaupt daher entstehen, daß bey den Mischungen die Dichtigkeit und die Cohäsionskräfte sich ändern. Diese Kräfte sind aber zu wenig an und für sich bekannt. Man muß daher, anstatt aus denselben, die Veränderungen der Wärme erklären zu wollen, vielmehr die Veränderungen der Wärme zum Grunde legen, und daraus bestimmen, wieviel jene beträgt. Dieses ist auch eigentlich der Grund, warum ich das Beispiel von der Mischung des Weingeistes mit Wasser (S. 486.) nicht anders als es geschehen ist, vorgetragen habe. Es ist genug, daß daraus folgt, die Cohäsionskräfte der Mischung seyn dermaßen vermindert worden, daß etwa $\frac{1}{30}$ ste Theil der Feuertheilchen aus derselben weggehen mußte, ehe die Wärme der Mischung mit der Wärme der äußern Luft wieder ins Gleichgewicht kommen konnte, wie sie es in den Materien vor der Mischung war.

S. 488.

Unter den Muschenbroeckschen Versuchen ist in dieser Absicht besonders derjenige merkwürdig, da er in drey Quentchen Vitriolölhl, zwey Quentchen Salz

armonial mischte, die den 60sten Fahrenheitischen Grad von Wärme hatten. Die Mischung brausete heftig und mit vielem Schaume auf. Der davon aufsteigende Dampf wärmte ein darüber gehängtes Thermometer vom 60sten bis zum 70sten Grade, da hingegen ein in der Mischung selbst stehendes Thermometer vom 60sten bis zum 48sten Fahrenheitischen Grade fiel. Die Feuertheilchen würden also hier mit einer ihnen nicht eigenthümlichen, sondern fremden Gewalt aus der Mischung herausgetrieben. Vermuthlich hatten sie mit der Materie des Dampfes eine mehrere Verbindung, so daß sie mit derselben fortgerissen wurden. Uebrigens kann es auch seyn, daß die Vermischung des Dampfes mit der Luft demselben mehr Hitze gegeben. Denn bey der Hitze von gährenden Materien hat die Luft immer auch vielen Antheil. Endlich, da bey so häufigen Dämpfen ein eigentliches Austrocknen statt findet, und selbst das gemeine Wasser beym Austrocknen mehr Wärme wegnimmt, (S. 281.) so konnte dieser Umstand mit dazu beitragen, daß das in der Mischung stehende Thermometer 12 Fahrenheitische Grade fiel.

S. 489.

In Ansehung einiger destillirten Wasser verdient angemerkt zu werden, daß sie wärmer werden, wenn man sie in Wasser giest, und hingegen kälter, wenn sie in Schnee oder zerstoßen Eis gegossen werden. Weingeist in Wasser gegossen, wurde um 13 Fahrenheitische Grade wärmer. (S. 484.) Hingegen in Schnee gegossen, fand Braun, daß das *de l'Isle*sche Thermometer vom 157sten auf den 177sten Grad fiel. Eben so fand Muschenbroeck, daß Salpetergeist in gleich viel Wasser gegossen, dieses vom 45sten bis zum 53sten Fahrenheitischen Grad wärmer machte. Braun goß Salpetergeist auf Schnee, und das *de l'Isle*sche Thermometer fiel vom 157sten bis zum 187sten Grad. Die stärkste Erkältung des Schnees brachte er durch den *Spir. nitr. fum.* hervor. Denn das *de l'Isle*sche Thermometer fiel darinn vom 157sten bis zum 215ten Grade. Es scheint, daß da die Theilchen des Wassers beym Frieren sich unter Winkeln von 60 oder 120 Graden zusammentheilen, dadurch viele Feuertheilchen vertrieben werden, welche, wenn das Eis wider flüßig werden soll, ersetzt werden müssen. Man kann nun aber nicht sagen, daß das Thermometer in solchen Fällen den wirklichen Grad der Kälte genau anzeige. Denn außer dem vorhin (S. 485.) angeführten Grunde kömmt hier noch die besondere Erfahrung vor, daß, wenn man das bereits erkältete Thermometer nochmals in Schnee setzt, und auf diesen ebenfalls Salpetergeist gießt, das Thermometer noch tiefer fällt. Bey solchen Anlässen hat nun Braun gefunden, daß das Fallen des Quecksilbers bis auf den 300ten *de l'Isle*schen Grad ziemlich regulär fortgeht, daß es aber von da anfängt, irregulärer und zuweilen mit einemale sehr schnell zu fallen, bröckligt wird, und endlich stockt und friert. Bey so tiefen Graden höret demnach die Ausdehnung des Quecksilbers auf, den Graden der noch übrigen Wärme proportional zu seyn. Die

Die Structur und Lage seiner Theile verändern sich nach eigenen Gesetzen. Braun fand, daß seine *de l'Isles*chen Thermometer, ehe das Quecksilber gefroren schien, oder war, bis auf den 530, 650, 680, 700, 800, ja auch wohl 1500ten *del'Isles*chen Grad gefallen waren. Dieses geht weit über alle Proportion mit den Graden des Luftthermometers hinaus, und beweiset, daß die Grade aufhören, einander proportional zu bleiben. Es wäre also zu wünschen, daß solche Versuche mit einem Luftthermometer angestellt würden, damit es sich unmittelbar zeigte, wieviel in einer so strengen Kälte die Luft sich zusammenziehe. Dieses würde von dem Grade derselben eine richtigere Anzeige geben.

S. 490.

Uebrigen haben neuere Erfahrungen gelehrt, daß zum Frieren des Quecksilbers eine Siberische Kälte schon hinreichend ist. Den 30sten Dec. 1772. froz zu Irkutsk das Quecksilber im Barometer, und war oben in einem Raume von 5 Linien gebröcklet. Des Morgens war seine Höhe 28 Zoll 7 Linien englischen Maaßes. Um 11 Uhr, Vormittags, wurde es wieder flüßig, und seine Höhe betrug 29 Zoll 7 Linien, demnach 1 Zoll mehr. Das Quecksilberthermometer zeigte nach

	<i>de l'Isle</i>	Reaumur	
Morgens um 4 Uhr	213	— 34	
zwischen	(226 229)	— 40 — 42	war es gebröcklet.
Um 11 Uhr fiel es in die Kugel, als es wieder flüßig wurde.			
Um 1 Uhr stand es bey	254	— 56	
4 Uhr	194	— 24	

S. 491.

Zu Krasnojarsk unter dem 55ten Grad der Breite, fiel das Reaumur'sche Thermometer auf 50 Grad unter den Frierpunct. Diese Kälte hielt 3 Tage an. Eine Tasse, worinn $\frac{1}{2}$ Pfund Quecksilber war, wurde der Kälte ausgesetzt. Es fieng in Zeit von $\frac{1}{2}$ Stunden an zu frieren, und nach 3 Stunden war es ganz gefroren. Mit diesem Frieren des Quecksilbers, gieng es also natürlicher und auf eine weniger gezwungene Art zu, als bey den Braunnischen Versuchen. Und da das Reaumur'sche Thermometer, (welches vermuthlich von Quecksilber war) nur 50 Grade unter dem Frierpunct stand, so seht man, daß das Frieren des Quecksilbers einen eben nicht so starken Grad der Kälte erfordert. Denn dieser Grad kömmt mit dem 244sten *de l'Isles*chen überein. Und wenn das Fallen des Quecksilbers bey diesem Grade noch nicht allzu irregulär wird, so trift dieser Grad auf den 769sten des Luftthermometers, und ist demnach von dem Grade der absoluten Kälte o noch weit entfernt. Zu Göttingen hat man das Frieren des Quecksilbers

bey einem noch viel geringern Grad der Kälte wollen bemerkt haben. Ein Brandersches Weingeistthermometer stund 10 Grad unter Fahrenheit's 0, oder 18 Grad unter dem Frierpunct des Reaumur'schen Quecksilberthermometers. Das Quecksilber war in einem Glase mit Schnee umhüllet, in welchen Salmiak gemischt worden, und das Glas stund in eben solchem Schnee. Weiter sind mir die Umstände nicht bekannt, und so kann ich auch nicht sagen, ob etwa die Oberfläche des Quecksilbers feuchte geworden und mit einer dünnen durchsichtigen Eiskruste überzogen gewesen. Es wurde um 1 Uhr nach Mitternacht beobachtet, und des folgenden Morgens war die Flüssigkeit da. 2c.

Drittes Hauptstück.

Die Schnellkraft der Wärme.

S. 492.

Gullen, ein Edinburgischer Arzt, hat unter der Luftpumpe einige Versuche angestellt, die eigentlich hieher gehören. Wenn nemlich unter die Glocke einer Luftpumpe ein Thermometer gestellt wird, und man pumpet die Luft schnell aus, so fällt das Thermometer etwa 2 bis 3 Fahrenheit'sche Grade. Es steigt aber gleich darauf wieder eben so hoch, auch wohl noch etwas höher als es Anfangs stund. Wenn mit dem ersten Kolbenzug ein großer Theil der Luft schnell herausgezogen wird, die Glocke aber doch nicht allzu klein ist, so wird der Erfolg sicherer und merklicher. Im Jahr 1761 zeigte mir, der seitdem verstorbene Hr. Prof. Arnold zu Erlangen, den Versuch vor. Ich fand, daß das Fallen des Thermometers nur 3 Secunden Zeit gebrauchte, das Wiedersteigen aber doppelt langsamer erfolgte. Wenn wiederum Luft hineingelassen wird, so steigt das Thermometer ungefähr eben so viel über seine erste Höhe, als es bey dem Auspumpen unter dieselbe gefallen war. Aber auch dieses Steigen dauert nicht lange, weil das Thermometer gleich wiederum fällt. Daß bey dem Auspumpen der Luft wirklich eine Kälte entstehe, folgt unter anderm auch daraus, daß mit gehöriger Vorrichtung unter der Glocke das Wasser zum Frieren gebracht werden kann.

S. 493.

Diese Versuche hatten nichts, das mich sehr hätte befremden sollen. Ich gab dem Hrn. Arnold sogleich den Grund an, auf den ich durch andere Betrachtungen war geleitet worden, der ihn aber mehr betremdete, weil er, so viel ich nachgehends aus einer von ihm in Druck gegebenen Schrift gesehen, sich schon einen ganz andern Lehrbegriff von der Sache gemacht hatte. Mein Grund war, daß mit der Luft auch die darinn befindlichen Feuertheilchen ausgespant werden,

und folglich die Dichtigkeit der Feuertheilchen in gleichem Maasse, wie die von der Luft abnimmt. Wenn also 3. E. mit dem ersten Kolbenzuge die Luft unter der Glocke um die Hälfte verdünnet wird, so wird auch die Dichtigkeit der Feuertheilchen und mit derselben die Wärme um die Hälfte vermindert. Also würde die Wärme vom 1100ten Grade des Luftthermometers auf den 550ten Grad herunter gebracht. Eine solche Kälte kann aber unter der Glocke nicht wirklich statt finden. Denn außerdem, daß die Verdünnung der Luft nicht augenblicklich geschieht, so sind in dem Glase der Glocke und dem Zeller der Luftpumpe noch Feuertheilchen, die mit Macht in die verdünnte und so stark erkältende Luft eindringen, bis der Abgang ersetzt wird. Das Thermometer selbst trägt eben dadurch, daß es erkältet, seinen Theil mit bey. Das Verdünnen der Luft, nach Oeffnung des Hahns, brauchte 3 Secunden Zeit. Und so lange fiel das Thermometer, dann brauchte es 6 bis 8 Secunden Zeit, ehe aus dem Glase und dem Zeller genug Feuertheilchen in die verdünnte Luft gedrungen waren, um den Abgang wieder zu ersetzen. Wir haben oben gesehen, daß die Wärme aus festen und dichten Körpern langsam in die Luft geht. Es brauchte also aus diesem Grunde mehr Zeit. Der Umstand, daß das Thermometer in der ersten Secunde einen Fahrenheitischen Grad gefallen, zeigt an, daß die anfängliche Kälte, so durch die Verdünnung der Luft und der Feuertheilchen entstanden, 200 und mehr Grade müsse betragen haben, weil es sonst nicht so schnell hätte fallen können. Die Luft unter der Glocke muß so viel Grade kälter geworden seyn, so viel Secunden Zeit die Erkältungs-Subtangente des Thermometers austrägt. Denn wenn wir in der Formel (S. 258.)

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

für $d \tau$ die erste Secunde, und für $- d y$ einen Grad setzen, so muß der anfängliche Unterschied der Wärme y so viele Grade enthalten, als die Subtangente 7 Secunden Zeit enthält.

S. 494.

Ich sagte vorhin, daß ich durch andere Betrachtungen auf den hier angegebenen Grund war geleitet worden. Denn wenn man setzt, die Dichtigkeit der Feuertheilchen in einem Körper, sey in Verhältniß ihrer Menge durch den Raum des Körpers dividirt, so kann wegen der geringen Ausdehnung der Körper durch die Wärme ihr Raum als beständig angesehen werden, und in diesem setzt man, daß in einerley Körper, die Wärme wie die Menge der Feuertheilchen zunehme. Nun sahe ich ohne Mühe, daß, da die Luft sich durch die Wärme sehr stark ausdehnt, die Erweiterung ihres Raumes nicht aus der Acht gelassen werden könne. Und da die Luft durch äußere Gewalt so leicht größer und kleiner gemacht werden kann, so gab dieses ganz ungezwungen einen Anlaß nachzusehen, was alsdann aus den Feuertheilchen wird. Anders war nun wohl nicht zu schließen, als daß sie in

Absicht auf die Dichtigkeit mit der Luft einerley Schicksal haben müssen, und der Unterschied nur darinn bestehen könne, daß die Feuertheilchen durch das Glas und Metall der Luftpumpe durchdringen, und demnach die Erkältung, so durch die Verdünnung entsteht, wieder aufheben können. Dieses würde nun augenblicklich statt finden, wenn die Wärme so leicht als das Licht durch Glas gieng. Daran fehlt aber viel. Ich sahe demnach, daß es fürnemlich darauf ankomme, daß die Luft, und mit derselben die Wärme schneller ausgepumpt werde, als der Abgang der Wärme durch die aus dem Glase und Metall ausfließenden Feuertheilchen ersetzt werden kann. Hr. Arnold nahm hierauf Rücksicht. Seine Glocke hatte kaum 5 Zoll Höhe und $3\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser. Er gebrauchte ein Drebbelsches sehr empfindliches Thermometer. Er öffnete den Hahn erst, nachdem der Kolbe schon ganz ausgezogen war, damit die Luft mit voller Macht aus der Glocke in den Cylinder dringen konnte, und desto schneller verdünnet würde. Wenn er aber den Hahn nur wenig öffnete, so daß die Luft sich langsamer durchzog, so fand er auch immer, daß das Thermometer sich wenig oder gar nicht veränderte. Endlich merkte er auch an, daß viel auf die Größe der Glocke ankomme. Dieses ist für sich klar. Denn eine größere Glocke hat nach Verhältnis des Raumes weniger Oberfläche, oder welches einerley ist, eine größere Erkältungs-Subtangente. Also wird in derselben, die durch das Auspumpen verminderte Wärme langsamer wieder ersetzt, folglich hat das Thermometer Zeit mehr zu fallen, als es bey gleicher und gleich schneller Verdünnung der Luft unter einer kleinern Glocke fallen kann.

§. 495.

Da diese Veränderung der Wärme nur einige Secunden dauert, so sind auch die daherrührende Wirkungen nur augenblicklich. Indessen können auch augenblickliche Wirkungen in ihrem Erfolge beträchtlich seyn. Man setze, die Luft werde augenblicklich in einen doppelt kleinern Raum zusammengepreßt, so wird ihre Dichtigkeit sowohl, als ihre Wärme verdoppelt, und so muß ihre Schnellkraft nicht doppelt, sondern viermal größer werden. Sie behält aber diese vierfache Größe nicht lange, weil die doppelt größere Wärme sich bald in den Körper hineinzieht, in welchem die Luft eingeschlossen ist, und sich mit der Wärme der äußern Luft wieder ins Gleichgewicht setzt. Eben so geschwinde kommt auch die vierfache Schnellkraft wieder aufs zweifache herunter. Bey den Windbüchsen wird sehr zusammengepreßte Luft schnell dünner, wenn die Kugel herausfährt, und so kann es seyn, daß die Schnellkraft auch wegen der Verdünnung der Feuertheilchen, und demnach mehr als in umgekehrter Verhältnis des Raumes geringer wird.

§. 496.

Der Raum über dem Quecksilber im Barometer soll, so viel möglich, luftleer seyn. Man kann denselben dadurch, daß man das Quecksilber zum Schwan-

ken bringt, vergrößern und verkleinern, und da wird die Dichtigkeit der Feuertheilchen in diesem Raume, und mit derselben die Wärme ebenfalls schnell verändert. Dadurch erfolgt ein Zufluß von Feuertheilchen aus dem Glase und dem Quecksilber in dem luftleeren Raume, und aus demselben wiederum in das Glas und das Quecksilber zurück. Vielleicht trägt dieses etwas mit zu dem Leuchten bey, welches man oben an dem Quecksilber, zumal wenn es sich senket, im Dunkeln bemerkt. Die Feuertheilchen in dem luftleeren Raume scheinen keinen eigenen Druck gegen das Quecksilber zu äußern. Wärmt man aber die Röhre durch Annäherung der Flamme eines Lichtes, so dringt mehr Wärme in den luftleeren Raum, und das Quecksilber fällt oder wird durch die vermehrte Schnellkraft heruntergedrückt. Dieses Fallen ist allerdings schneller und stärker, wenn der Raum weniger luftleer ist. Ich sehe aber nicht, warum nicht auch in einem ganz luftleeren Raume, die schnell aufgehäufte Wärme einen Druck sollte äußern können, wenn sie gleich ihre Kraft mehr auf die Theilchen der Körper, und die Trennung derselben als auf die Oberfläche, im Ganzen betrachtet, äußert.

S. 497.

Da indessen die Schnellkraft der Wärme dadurch, daß sie die von der Luft, von den Dünsten &c. verstärket, kräftigere Wirkung äußert, so verdient sie auch in dieser Absicht vorzüglicher betrachtet zu werden. Ich habe gleich Anfangs (S. 23.) bey Anlaß von Drebbels Thermometer angeführt, wie derselbe bedacht gewesen, die durch die Wärme verstärkte Schnellkraft der Luft zu nutzen, und durch Verbergung des Kunststückes Verwunderung zu erregen. Dieses mußte ihm desto nothwendiger gelingen, weil es, wenn er es nicht selbst sagte, niemand so leicht in Sinn kommen konnte, die wahre wirkende Ursache in einem leeren Glase zu suchen. Das Glas war freylich nicht ganz leer, sondern voll Luft. Aber damals ließ sich niemand in Sinn kommen, in einem Glase voll Luft wirkende Kräfte zu suchen.

S. 498.

Diese Kräfte sind nun allerdings nicht geringe. Der Druck der Luft gleicht dem von einer 28 Pariser Zoll hohen Quecksilbersäule, und beträgt demnach auf einen Rheint. Quadratuß 20,30 Berliner Pfund. Diese Kraft wird bey eingeschlossener Luft vom Frierpunct bis zum Siedepunct in der Verhältniß von 1000 zu 1370 Graden des Luftthermometers verstärkt. Demnach = 2808 Pfund. Der Ueberschuß ist = 758 Pfund für 80 Grad Wärme des Reaumur'schen Quecksilberthermometers. Dieses gibt für jeden einzeln Grad eine Ueberwicht von 9,475 oder $9\frac{1}{2}$ Pfund. Nun kann selbst die aufgehende Sonne, die noch wenig Kraft hat, in kurzer Zeit eine Wärme von mehreren Graden bewirken, und so konnte es Drebbeln an bewegender Kraft nicht fehlen, zumal wenn er den Druck der Luft auf mehrere Quadratuße gebrauchen wollte.

§. 499.

Man erzählt von Memmons Bildsäule, daß sie beim Aufgange der Sonne einen Ton von sich gegeben. Die Einrichtung der Bildsäule mag dahin gestellt bleiben. Man weiß aber, mittelst der sogenannten Windprobe der Orgelbauer, daß die größte Orgelpfeife anspricht, wenn die Kraft der Luft um $\frac{1}{120}$ Theil verstärkt wird oder einer Wassersäule von etwa 3 Zollen das Gleichgewicht hält. Zu einer solchen Verstärkung ist eine Erwärmung von 8 Graden des Luftthermometers oder von etwa 2 Reaumur'schen Graden schon hinreichend. Und die aufgehende Sonne bringt diese und selbst noch größere Wärme leicht und bald hervor; wenn sie zumal einen dunkelfarbigen Körper bescheint. An der mechanischen Einrichtung solcher Kunstwerke werde ich mich hier nicht aufhalten. Denn hier war eigentlich nur die Frage, die bewegende Kraft, sofern sie von der Wärme herrührt, zu bestimmen und mit den Graden der Wärme zu vergleichen. Man sieht nun ohne Mühe, daß diese Kraft mit den Flächenräumen, worauf sie wirkt, größer wird, daß die Luft eingeschlossen bleiben muß, bis sie durch die Erwärmung einen bestimmten Grad der Stärke erhalten, wenn man ihre Kraft ganz nutzen will, und daß, da die Kraft groß, die Bewegung aber geringe ist, man durch besondere Einrichtungen daraus eine mit mehrerer Bewegung geringere Kraft ableiten müsse, wenn man mehr auf Bewegung und Geschwindigkeit als auf die Kraft zu sehen hat. Eine ähnliche Anmerkung kommt bereits im 452sten §. vor.

§. 500.

Sofern die Dünste durch die Wärme sehr elastisch werden, wird, wie wir bereits oben (§. 245) gesehen haben, ein größerer Grad der Wärme erfordert. Die dadurch erregte Schnellkraft wächst ebenfalls nach Maaße der Flächen, auf welche sie wirkt, und ihr Druck auf einen Quadratzuß kann vielen Tausend Pfunden das Gleichgewicht halten. Wir sehen aus der Tafel, (§. 244.) daß, wenn nur die Hitze des Siedepuncts statt findet, die Kraft der Dünste und der Luft schon mehr als der Druck von zweien Atmosphären, und demnach auf einen Quadratzuß bey 6000 Pfund austrägt. (§. 498.)

§. 501.

Kräftiger aber und schneller wirkt die Hitze, wenn sie, wie es bey der Entzündung des Schießpulvers geschieht, die sogenannte fixe Luft in demselben frey und elastisch machet, und derselben zugleich eine Wärme von 4000 und mehr Graden des Luftthermometers (§. 92.) mittheilt. Diese Erhitzung kann in bloßer Luft schon ihren Druck aufs vierfache verstärken, so daß er auf einen Quadratzuß 11000 und mehr Pfund beträgt. Die fixe und aufgelöste Luft macht aber diese Kraft

noch einige hundertmal stärker. Ich habe in den Anmerkungen über die Gewalt des Schießpulvers gefunden, daß die anfängliche Kraft desselben in Flintenläufen so viel als der Druck von 240 Atmosphären austrägt, ohne hiebei mitzurechnen, was durch den Spielraum der Kugel und das Zündloch verloren geht, und was noch hinzukommen würde, wenn das Pulver sich mit einemmale entzündete. Beym groben Geschütze oder eigentlich bey Kanonen, ist das Zündloch nach Maaße der Größe des Stückes kleiner. Und daher wird auch, wenn man die Kraft des Pulvers durch den Erfolg bestimmt, diese Kraft größer herausgebracht. Aus dem *Procès verbal* des Belidor von mehreren zu Neß angestellten Versuchen, finde ich, daß die anfängliche Kraft des Pulvers in den Kanonen so viel als der Druck von 1081 Atmosphären betragen hat, ebenfalls ohne mitzurechnen, was durch das Zündloch und den Spielraum verloren geht, und was noch hinzukommen würde, wenn das Pulver sich mit einemmale entzündete. Bey Mörsern findet man ungleich weniger als bey Flintenläufen. Bey Raketten wird die Kraft des Pulvers sehr schwach gemacht, und sie hat nur den Gegendruck der äußern Luft zum Widerstande. Eine einsündige Rakete wiegt 1 Pfund und ist 1 Fuß lang. Ihr äußerer Diameter beträgt $\frac{2}{3}$ Zoll. Damit beträgt der Gegendruck der Luft etwa 32 Pfund. Die Basis der Flamme ist aber nur $\frac{1}{3}$ der ganzen Basis. Und demnach kann der Gegendruck der Luft nur $= \frac{1}{3} \cdot 32 = 10\frac{2}{3}$ Pfund gesetzt werden. Wenn also die Ueberwucht der Flamme nur $\frac{1}{3}$ Theil dieses Druckes betragen sollte, so würde sie $= 1$ Pfund, und folglich dem Gewicht der Rakete gleich seyn. Die Rakete würde demnach weder steigen noch fallen, sondern nur schweben. Ist aber die Ueberwucht von der Kraft der Flamme doppelt stärker, so steigt die Rakete Anfangs mit eben der Beschleunigung, wie ein Körper fällt, nachgehends aber noch schneller, weil die Rakete durch das Wegbrennen des Saßes leichter wird. Eine Rakete, die 18 Loth Saß, 11 Loth Schwärzmer, 9 Loth Papier, 16 Loth Stange hat, braucht zum Abbrennen etwa 5 Sekunden Zeit, und steigt während dieser Zeit auf eine Höhe von etwa 400 Fuß. In gleicher Zeit würde ein Körper ungefähr eben so viel fallen. Es folgt also hieraus, daß die Kraft der Flamme nur etwa doppelt größer als das Gewicht der Rakete ist. Es scheint dieses wenig zu seyn. Da es aber den $\frac{1}{7}$ Theil von dem Drucke der Luft beträgt, so folgt immer, daß die Funken mit einer Geschwindigkeit von $\sqrt{(26000 \cdot 62\frac{1}{2} : 7)} = 482$ Fuß aus der Rakete herausgeblasen werden.

Viertes Hauptstück. Stufen der Wärme.

S. 502.

Seit der Erfindung der Thermometer kann jeder Grad derselben eine Stufe der Wärme vorstellen, und genau angegeben werden. Vorhin mußte man sich an andere Kennzeichen halten, und jede Stufe durch einen besondern Namen anzeigen. Die üblichsten waren von unserer Empfindung hergenommen, und diese habe ich bereits oben (S. 3. 4. 26.) angeführt. Etwas mehr Mühe hatte man sich in der Chemie gegeben, weil da alle Stufen der Wärme und Hitze vorkommen. Indessen blieben bey allen Benennungen und äußerlichen Kennzeichen die Stufen selbst oder ihr wahrer innerer Werth und Gehalt sehr unkenntlich, zumal da sie oft mehr der Materie und Form nach als in der Kraft selbst verschieden sind.

S. 503.

Boerhave war, so viel ich weiß, der erste, der in seiner Chemie die Stufen der Wärme kenntlicher machte. Und dazu verhalf ihm Fahrenheit mit seinen Thermometern, weil diese nun einmal eine verständliche Sprache hatten. Eigentlich aber bestimmte Boerhave doch nur die Grenzen der fürnehmsten Grade, Und so zählet er folgende sechs.

1. Die Stufen der Wärme für das Pflanzenreich und dessen Wachsthum, fallen zwischen 0 und den 80sten Grad Fahrenheitischen Thermometers. Das ist also zwischen die strengste Winterkälte und ordentliche Sommerwärme in Deutschland, Holland &c.
2. Die Stufen für das Thierreich setzt er für die Fische zwischen den 34sten und 80sten Grad, für die Landthiere aber zwischen den 40sten und 94sten.
3. Vom 94sten bis zum 212ten Grad findet er die Stufenwärme, bey denen das Aufströcken, Ausdünsten, Destilliren &c. seinen guten Fortgang hat.
4. Vom 212ten bis zum 600ten Grad, setzt er die zum Rösten und Sublimiren nöthige Hitze, wo jedoch auch schon Zinn und Bley schmelzen. Eigentlich ist der 600te Grad, der vom siedenden Quecksilber, und so ziemlich auch der vom siedenden Leinöhl.
5. Vom 600ten Grade, bis weiter hinaus, geht die zum Rösten, Glühen und Schmelzen der härtern Metalle nöthige Hitze.
6. Endlich finden sich die höchsten Grade der Hitze im Brennpuncte der großen Brenngläser und Brennspiegel.

S. 504.

Erleben in seiner Chemie geht hievon nur in sofern ab, als er die Grade schlechthin nur zum Behufe der Scheidekunst angibt. Und so zählet er folgende fünf Stufen nach dem Fahrenheitischen Thermometer:

1. Das

1. Das Digestionsfeuer vom 40sten bis zum 96sten Grade.
2. Das Destillirfeuer vom 96sten bis zum 212ten Grade.
3. Das Sublimir- oder Cementirfeuer vom 212ten bis zum 600ten Grade.
4. Das Glasofen- Schm. lz- oder Reverberirfeuer vom 600ten bis zum 1500ten Grade.
5. Die Brennspiegelhitze.

S. 505.

Dieses sind nun eigentlich nur Grenzen, und zwar sind sie ziemlich weit von einander. Bey andern Scheidekünstlern habe ich folgende Stufen angezeigt gefunden:

1. Die Wärme einer brütenden Henne oder anderer Vögel.
2. Die Hitze des Mistbeetes, des Lohebettes, wie auch anderer Gährungen.
3. Das Dampfbad.
4. Das kochende Wasserbad.
5. Das Aschenbad.
6. Das Sandbad.
7. Das Eisenfeilebad.
8. Glühende Kohlen.
9. Das Schmiedefeuer.
10. Die Brennspiegelhitze.

Man sieht aus diesen Angaben, daß sie Grade angeben, die der Scheidekünstler nicht nach Belieben ändern kann. Schien ihm zu einer Verrihtung, die nur langsam und mit gemäßigter Wärme von statten gehen sollte, das siedende Wasser oder der 212te Fahrenheit'sche Grad zu heiß, so fand er in dem Dampfe über demselben einen geringern Grad. Und wenn ihm auch dieser noch zu groß vorkam, nahm er etwa zu Pferdemit seine Zuflucht, welcher nach Hales Beobachtung auf den 58sten Grad seines Thermometers (S. 161.) oder auf den 128sten Fahrenheit'schen Grad trifft. Wenn nun auch dieses noch zu viel schien, so wurde etwan das Gläschen, worinn die Materie digerirt werden sollte, eine brütende Henne untergelegt, und das war etwa der 100te Fahrenheit'sche Grad. Dazu kam zu weilen auch der Glaube, als wären solche Grade der Wärme nicht bloß nach der Stärke, sondern selbst, der Art nach, verschieden, wenn man gleich die Gläser, so man in Pferdemit setzte, sorgfältig verschloß, damit nur die Wärme und nicht etwa andere Quintessenzen in die zu digerirende Materie kommen möchte. Die verschiedenen Bäder von Wasser, Asche, Sand, Eisenfeile &c. geben auf größere Grade der Hitze. Ich habe bereits oben (S. 337.) angezeigt, wie sie einzurichten sind, damit sie nicht nur einen, sondern alle Grade der Wärme erhalten, und zwar beständig gleich, so lange ein gleich stark brennendes Feuer unterhalten wird. Bey den glühenden Kohlen, so wie auch bey dem mit heller Flamme brennenden Feuer

Kommt dann auch der Unterschied vor, ob der zu erhitzende Körper nur daran oder darüber gehalten oder ganz darein gelegt wird. Denn in beyden ersten Fällen, empfängt nur die gegen das Feuer gekehrte Seite die Hitze unmittelbar. Das oben (S. 286.) erwähnte Umwenden kommt dann allerdings mit in Betrachtung.

S. 506.

Im Jahr 1746. gab Succow zu Jena, einen Versuch eines chymischen Thermometers in seiner Dissert. *de Expansione aeris per ignem* heraus, wobey er mehrere Stufen von Wärme angiebt, die, seinem Erachten nach, gleich viel von einander verschieden waren. Er theilt sie in zwei Classen, und da unter denselben die Wärme einer brütenden Henne und die Hitze des siedenden Wassers mit vorkommt, so gab mir dieses Anlaß, die Grade seines chymischen Thermometers mit den Fahrenheitischen zu vergleichen. Es sind folgende:

Succow.	Fahrenh.	Erste Classe.
0	68	Die Wärme der Luft zur Zeit der Versuche.
15	104	Wärme zum Eyer brüten.
30	140	Wasser, darinn man die Hand nicht lange halten kann.
45	176	Wasser, das beyhm Kochen anfängt, ein Geräusche zu machen.
60	212	siedend Wasser.
		Zwente Classe.
50	188	Asche, so man ohne Schmerzen nicht berühren kann.
74	246	Asche, worinn ein Federkiel weich wird.
105	320	Asche, worinn ein Federkiel gleich einschmarzt und gelb wird.
120	356	Asche, die die Spitze eines Holzes zu Kohlen brennt.?

Man sieht hieraus, daß die erste Classe für das Wasserbad, die zwente für das Aschenbad ist. Die Benennungen der Grade sind in der That chymisch. Ehemals mußten sich die Chymisten wohl noch an unbestimmtere Kennzeichen halten. Der 30ste Succowsche oder 140ste Fahrenheitische, hätte übrigens auch durch gerinnendes Wachs, und der 176ste durch siedenden Alcohol kenntlich gemacht werden können. Bey dem 188sten Fahrenheitischen Grad kann gemeyner Branntwein zum Sieden gebracht werden. Und die drey letzten Grade des Aschenbades würden sich durch schmelzende Mischungen von Zinn, Bley und Wisnuth leicht kenntlich machen lassen. (S. 479.)

S. 507.

Ungeachtet nun die Scheidekünstler sich viele Mühe gegeben hatten, mehrere Stufen der Wärme zu bestimmen und kenntlich zu machen, so scheinen sie doch

hingegen um die wahren Gründe, warum ihnen so verschiedene Stufen nöthig wären, weniger bemühet gewesen zu seyn. Mehrentheils ließen sie es auf Versuche ankommen, wobey sie etwa die Wärme stufenweise verstärkten, ohne deswegen immer den wahren Grad zu treffen. Indessen sollte es demalen nicht so ganz unmöglich seyn, an eine brauchbare Theorie zu denken. So z. E. giebt die Wärme den Theilchen des Wassers eine Bewegung und Wirksamkeit, die beym Auflösen der Salze und beym Erweichen der Theile des Pflanzenreiches nach Maaße der Wärme größer ist. Die Grenzen hiebey sind der Siedepunct und der Frierpunct, oder dehnen sich wenigstens nicht viel weiter aus. Was an den Pflanzen aus Wasser besteht, leidet innerhalb dieser Grenzen keine Veränderungen. Die noch flüchtigere Theile haben engere Grenzen, und dieses macht geringere Grade von Wärme nöthig, weil dabey die festern und gröbern Theile ungetrennt bleiben. Ebenrals suchte man durch strenges und oftmals wiederholtes Destilliren den reinsten Weingeist zu erhalten. Seitdem fand man, daß bey gelinder Wärme nur Gedult und Zeit nöthig ist, und nur eine Destillation erfordert wird. Fette und öhligte Theile leiden und fordern gewöhnlich auch mehr Hitze. Sind sie mit wässerichten verbunden, so geht auch, um diese abzusondern, die gelindere Wärme voran, ehe man anfängt das Feuer zu verstärken. Und dennoch bleiben die zurück, die mit den Salztheilchen zu feste verbunden sind, als daß sie, ohne diese mitzunehmen, abgezogen werden könnten, wozu dann eine kräftiger trennende Hitze nöthig ist. Körper, die durch die Wärme in Fluß kommen sollen, fordern jeder seinen besondern Grad von Hitze, und dieser ist von demjenigen, wobey sie zum Sieden gebracht werden, oft noch weit entfernt. Betrachtungen von dieser Art bieten sich leicht noch mehrere an und können gut gebraucht werden, wenn es die Frage ist, genauer zu bestimmen, was durch die verschiedene Stufen des Feuers erhalten werden kann.

§. 508.

Was nun überhaupt die durch äußere Merkmale bestimmte Grade der Wärme betrifft, so kommt im vorhergehenden bey Anlaß der Thermometer, so wie auch bey andern Veranlassungen, eine beträchtliche Anzahl derselben vor. Es bleiben aber noch mehrere, die bereits durch Versuche bestimmt worden sind, zurück. Und von diesen mögen folgende hier ihren Ort haben. Ich sehe sie in Graden des Luftthermometers, wie auch in Graden des Fahrenheit'schen Thermometers hier an, weil in der That die meisten, mittelst des Fahrenheit'schen Thermometers angestellt, oder wenigstens unmittelbar auf dasselbe reducirt worden sind. Von den Reductionen habe ich mehrere selbst nachgerechnet, und wo es wegen der ungleichen Grade der Weingeist- und Quecksilberthermometer nöthig war, die Verbesserung vorgenommen. Dahin gehören besonders die von Reaumur beobachteten Frierpuncte des mit Wasser geschwächten Weingeistes, die von Martine aus

den oben (S. 133. 163.) angeführten Gründen sehr unrichtig auf Fahrenheit'sche Grade reducirt worden sind.

Fahren- heit.	Luftthermo- meter.	Berechnete Grade der Wärme.
— 62	769	frierend Quecksilber in freyer Luft. (S. 491.)
— 40	852	frierender Salpetergeist.
— 32	868	frierender Branntwein.
— 28	877	3 Theile Weingeist und 2 Theile Wasser frieren.
— 24	885	eine Mischung von gleich viel Weingeist und Wasser friert.
— 13	908	Kälte, so die Seidenwurmeyer noch aushalten.
— 6	922	Schnee mit Küchensalz vermischt.
— 4	926	1 Theil Weingeist und 3 Theile Wassers frieren.
0	934	Schnee mit Salmiak.
+ 20	975	frierender Burgunder, auch Maderawein.
25	985	frierendes Hammelblut.
28	992	frierender Weinessig.
30	996	frierende Milch.
32	1000	frierend Wasser.
43	1021	stockendes Baumöhl.
74	1085	stockende Butter.
82	1103	schmelzende Butter.
86	1111	Mineralwasser zu <i>Chatel-Guion</i> .
88	1115	siedende Maybutter.
96	1132	Wärme des Blutes.
97	1134	Wärme im Bienenkorbe.
100	1140	Hitze, so den Seidenwurmeyern tödtlich.
100	1140	schmelzendes Schweinsnierefett.
101	1142	Ziegenblut, Schaafsblut.
102	1144	Seekalbswärme, Hundsblood.
104	1148	schmelzender Tack von Ochsen und Hirschen.
104	1148	Schweinsblut, Kalbsblut.
104	1148	Mineralwasser zu Pfeffers.
106	1152	Bad zu Balarre in Navarre.
108	1156	Blutwärme in Fiebern.
108	1156	schmelzender Wallrath, britende Henne.
111	1162	Wärme eines Rothbrüstchens.
111	1162	Wasser zu heiß für Frösche.
112	1164	gerinnend Unschlitt.
113	1166	Cäsars Bad auf dem Mont d'or.

113	1166	Blut in hitzigen Fiebern.
115	1171	eine Mineralquelle zu Pisa.
117	1175	Mühlbrunnquell im Carlsbad.
124	1189	schmelzender Nierentalk vom Hammel.
128	1197	Pferdemistbeet.
133	1208	Wasser, so Fröscheneyern tödtlich.
137	1216	neue Quelle im Carlsbad.
140	1222	stockend Wachs.
142	1226	stießend Wachs.
150	1238	schmelzend Harz.
156	1255	Wasser, darinn ein Ey hart siedet.
156	1255	gerinnend Blut.
160	1263	schwarzes Pech schmilzt.
163	1269	Brudelwasser im Stender im Carlsbad.
174	1292	Alcohol siedet.
190	1325	Branntwein siedet.
199	1343	rother Franzwein siedet.
212	1370	siedend Wasser. (S. 190 — 193.)
216	1378	Geigenharz wird weich.
218	1382	siedend Meerwasser.
228	1403	schmelzend Siegellack.
236	1419	schmelzender Schwefel.
240	1428	geschmolzen Geigenharz, siedende Potaschlauge.
242	1432	siedend Scheidwasser, Salpetergeist.
244	1436	geschmolzener Schwefel.
420	1798	schmelzend Zinn.
460	1880	schmelzender Wismuth.
546	2057	siedend Vitriolöhl.
547	2059	siedender Schwefelgeist per campanam.
550	2065	schmelzend Bley.
560	2085	siedend Therbentindhl.
600	2167	siedend Quecksilber, Leindhl.
606	2180	schmelzender Goldmarcast.
715	2404	siedend Rübsaamenöhl.
766	2509	weiches Glas fängt an zu schmelzen.
800	2579	schmelzender Zink.
805	2630	schmelzender Reg. ꝯ. mart.
1000	2990	schmelzend Silber.
1300	3596	schmelzend Gold.
1450	3915	schmelzend Kupfer, Koboldkönig.
1600	4223	schmelzend Eisen.

Fünftes Hauptstück. Verstärkung des Feuers.

§. 509.

Die Stärke eines Feuers hängt überhaupt von dem brennlichen Wesen ab, das sich im Holze, Steinkohlen, Schwefel, Dehle zc. befindet, und selbst auch beim Brennen noch hinzukommt. Sodann kommt auch viel auf die Wegräumung der Hindernisse an, durch welche das Feuer vermindert, aufgehalten oder zu schnelle zerstreuet wird. Alles dieses bestätigt sich durch die tägliche Erfahrung ohne Mühe. Daß nicht alle Arten Holzes gleiche Hitze geben, ist jedermann bekannt. Eben so bekannt ist es, daß trockenes Holz besser brennt als feuchtes. Nur ist anzumerken, daß, wenn man nasses Holz, um es zum Brennen tauglicher zu machen, auströcknet, dieses eben nicht bey einer Hitze geschehen müsse, wodurch nebst den wässerichten Theilchen auch die fetten oder öhligen daraus weggehen.

§. 510.

Da ferner das Holz nicht brennt, ehe es die zum Anbrennen nöthige Hitze erlangt hat, so ist auch leicht zu begreifen, daß es eher und schneller Feuer fängt, wenn es zur Zeit, da man es ins Feuer legt, an sich schon stark erwärmt ist. Wo man demnach eine starke und anhaltende Flamme nöthig hat: da muß man dieselbe durch Anlegen von kaltem Holze nicht erst wieder schwächen. Man stüzt daher das Holz, so noch ferner einzulegen ist, neben der Flamme, damit es erhitzt werde, und desto schneller Feuer fange, wenn es eingelegt wird.

§. 511.

Beim Einlegen des Holzes kommt ferner auf die Art, wie es gelegt wird, sehr viel an. Ein einzelnes Stück Holz brennt nur, sofern es viel Harz enthält oder mit Dehle getränkt, wenigstens an der Oberfläche bestrichen ist. Liegen zwey Stücke so auf einander, daß die Flamme nicht zwischen durch kann, so brennen sie kaum besser als ein einzelnes Stück. Eben so schlecht geht es, wenn sie zu weit voneinander entfernt sind. Die Flammen von beyden müssen sich so nahe seyn, daß sie nur eine Flamme ausmachen. Man erhält dieses am besten, wenn die Stücke Holzes nur an den scharfen Kanten einander berühren.

§. 512.

Das Einschließen des Feuers trägt ebenfalls zur Verstärkung und längerer Erhaltung der Hitze mit bey. Beim Kohlfeuer in Schmelzöfen und Schmiedehäfen, wird die Flamme vermieden, und man ist fürnehmlich bemüht, die Hitze beisammen zu halten. Dazu sind die Kohlen vorzüglich gut. Man bedeckt das

Feuer damit und begießt sie mit Wasser. Damit machen Kohlen und Asche eine Kruste, welche die Hitze besammeln hält und wieder zurückschlägt. Wo hingegen, wie bey Keverberir-Defen ein Zugfeuer nöthig ist, da kömmt die Verengerung des Raumes zu statten. Wie diese vorgenommen werden müsse, habe ich bereits oben (S. 410. u. f.) angeführt.

S. 513.

Eines der wirksamsten Hülfsmittel zur Verstärkung der Hitze ist das Ausblasen. Das Feuer muß an sich schon einen Zufluß von Luft haben. Die Luft ist mit allen Arten von Ausdünstungen, und besonders auch mit brennlichem Wasser beladen, welches dem Feuer Nahrung giebt. Sodann wird auch die Bewegung des Feuers durch den Zufluß der Luft, und die schnelle Ausdehnung, so sie im Feuer leidet, befördert und wirksamer gemacht. Ueberdies kann durch gehöriges Anblasen die Kraft des Feuers nach einer beliebigen Gegend gerichtet werden, und die vermehrte Geschwindigkeit machet, daß in gleicher Zeit destomehr Feuertheilchen gegen den zu erheizenden Körper getrieben werden. Aus diesem Grunde läßt es sich gedenken, daß, wenn durch das Löhrröhrchen B A die Flamme nach C E getrieben wird, ihre Kraft in Verhältniß von E F zu C E verstärkt werde. Dieses machet, daß man in E eine ziemlich dicke gläserne Röhre schmelzen kann, da hingegen in der gerade aufwärts und frey brennenden Flamme sich kaum ein dünnes Haarröhrchen zuschmelzen läßt. 23. Figur.

S. 514.

Endlich ist auch das Reiben und Hämmern ein Mittel die Wärme zu verstärken. Die Theilchen der Körper werden dadurch zusammengepreßt, und dieses machet die Dichtigkeit der Feuertheilchen größer. Sodann entsteht dadurch eine zitternde Bewegung, welche mit beiträgt, daß die Feuertheilchen wirksamer werden. (451.) Beym starken Reiben geräth Holz in Flammen, und kaltes Eisen läßt sich durch bloßes Hämmern glühend schmieden. Es wird dichter, zugleich aber auch spröder.