

D e r  
**P y r o m e t r i e**  
 o d e r  
 v o m M a a ß e d e s F e u e r s u n d d e r W ä r m e  
 V i e r t e r T h e i l.  
 V o n d e r B e w e g u n g d e r W ä r m e.

E r s t e s H a u p t s t ü c k .

D i e A u s b r e i t u n g d e r W ä r m e .

S. 346.

Die Luft gestattet der Wärme keinen dauernden Aufenthalt, als in sofern sie von dichtern Körpern umschlossen wird, welche die Wärme langsamer annehmen. In andern Fällen muß die sogleich wieder weggehende Wärme immer von neuer ersetzt werden. Man gedenke sich ein Feuer oder einen warmen Körper, so breitet sich die von demselben weggehende Wärme oder die Feuertheilchen nach allen Gegenden aus, und dieses macht, daß die Dichtigkeit derselben in umgekehrter Verhältniß des Quadrats der Distanz geringer wird. Ein Gesetz, das mit dem von der Ausbreitung der Lichtstralen eine vollkommene Aehnlichkeit hat.

S. 347.

Nun fährt aus einem warmen Körper und selbst aus dem Feuer nur in sofern Wärme weg, als die Luft weniger warm ist. Die Wärme der Luft hält allemal einem gleich großen Grade von Wärme in andern Körpern das Gleichgewicht. Man kann daher auch hier nur den Ueberschuß der Wärme in die Rechnung bringen. Und so kann auch nur von diesem das erst angeführte Gesetz verstanden werden.

S. 348.

Der einfachste Fall hiebei ist der von einer durchaus gleichglühenden Kugel. Von dieser strömet die Wärme aus allen Puncten der Oberfläche nach allen Gegenden gleich aus, und hierinn ist sie einer rund herum gleich leuchtenden Ku-



gel wiederum vollkommen ähnlich. Es folgt demnach aus dem §. 115 und 109. der Photometrie, daß die Distanzen vom Mittelpunct der Kugel müssen gerechnet werden, und daß die Dichtigkeit der Feuertheilchen, wie das Quadrat des Sinus des scheinbaren Halbmessers abnimmt.

## §. 349.

Ferner kömmt der Sinus des Ausflußwinkels (Photom. §. 80.) hier nothwendig auch in Betrachtung. Eine durchaus gleich glühende eiserne Platte, breitet gerade vor sich mehr Wärme als in schieferer Richtung. Ich setze demnach, so wie in der Photometrie, daß auch die Dichtigkeit der Feuertheilchen in Verhältniß vom Sinus des Ausflußwinkels geringer wird.

## §. 350.

Um diese Sätze durch die Erfahrung zu prüfen, gebraucht man am sichersten eine Kugel von kupfernen Bleche, die oben eine runde Oeffnung hat, und die man mit stark glühenden Kohlen anfällt. Das Blech hat zur Seite einige kleine Löcher, dadurch die Luft hineinziehen und die Gluht anblasen kann. Die Kugel selbst wird auf einen dünnen Fuß von Eisen gestellt, damit sie nicht durch Berührung anderer Körper ihre Hitze zu geschwinde verliere. In beliebigen Distanzen von der Kugel werden Thermometer befestigt, die von einerley Materie sind, und deren Kugeln wenigstens nicht gar zu verschiedene Diameter haben. Auch an sich müssen sie nicht groß seyn, damit sie das Maximum ihrer Wärme desto eher erhalten. (§. 271. 272.) Endlich muß auch die Kugel der Thermometer gegen die kupferne Kugel gekehrt seyn und nichts berühren. Der Versuch kann an einem ganz windstillen Tage an der freyen Luft vorgenommen werden. Da aber dieses doch eine ungewisse Sache ist, so dient ein geschlossenes Zimmer besser. Nur muß man alsdenn Rechnung tragen, daß die Luft im Zimmer von der Kugel voll glühender Kohlen, während des Versuches, etwas Wärme erhält. Uebrigens müssen die Thermometer bereits gestellt, auch der Ort der Kugel bestimmt seyn, ehe man die Kugel hinstellt. Die Kugel muß, außer dem Zimmer, mit stark glühenden Kohlen gefüllt, und nicht eher hereingebracht werden, als nachdem sie schon ihre volle Hitze erlangt hat. Die Thermometer erhalten dadurch das Maximum ihrer Wärme in kürzerer Zeit, und ehe die Kugel anfängt, wiederum allzumerklich zu erkälten. Da die Hitze der Kugel gerade und unverhindert alle Thermometer muß treffen können, so versteht es sich, daß die Thermometerkugeln am besten in eine gerade Linie gestellt werden, welche horizontal sey, und neben der kupfernen Kugel vorbehey gehe.

## §. 351.

Ehe ich nun eine solche kupferne Kugel wollte machen lassen, gebrauchte ich den 5ten April 1777. statt derselben eine gemeine Gluht- oder Kofspfanne, das



will sagen, einen Cylinder von Sturzblech, 6 Zoll weit, und vom Roste ange-  
rechnet  $4\frac{1}{2}$  Zoll hoch, der auf drey dünnen Füßen stand und an den Seiten durch-  
löchert war. Ich stellte 5 Thermometer so, daß ihre Kugeln einen Rheinl. Fuß  
von einander entfernt waren. Der Abstand ihrer Mittelpuncte vom Mittelpuncte  
der Gluth, das Quadrat dieses Abstandes, und das umgekehrte Verhältniß dieser  
Quadrate war, wie folgt:

Distanz Zoll.	Quadrat der Distanz.	Umgekehr- tes Verhält- niß.
12,62	159,3	1,0000
23,05	531,3	0,2998
34,51	1191,3	0,1337
46,25	2139,3	0,0740
58,10	3375,3	0,0472

Diese Verhältnisse sollen nun zugleich auch die vom Steigen der Thermometer  
seyn. Die Thermometer stiegen folgendermaßen von 11,9 Grad der Reaumur-  
schen Stufenleiter angerechnet.

Zeit.	I. Therm.	II. Therm.	III. Therm.	IV. Therm.	V. Therm.
2". 16'	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0
17	1,1	0,7	0,2	0,1	0,1
18	2,2	1,2	0,3	0,2	0,2
19	3,2	1,6	0,4	0,3	0,3
20	4,2	2,1	0,6	0,4	0,4
22	5,8	2,7	1,0	0,5	0,6
24	8,6	3,4	1,3	0,7	0,7
26	10,9	3,9	1,6	1,0	0,8
28	12,5	4,3	1,9	1,2	0,9
30	13,7	4,7	2,1	1,3	1,0
32	14,5	5,1	2,4	1,5	1,1
34	15,2	5,3	2,6	1,6	1,2
36	16,0	5,4	2,7	1,7	1,3
38	16,0	5,4	2,7	1,7	1,4
40	15,7	5,2	2,8	1,8	1,4
42	15,0	4,8	2,7	1,7	1,4

Den Versuch stellte ich in einer von zweo Stuben an, zwischen welchen die Thür  
offen stand. Die übrigen 4 Thüren und die 4 Fenster waren geschlossen. Beyde



Stuben waren 34 Fuß lang, ihre Breite betrug  $18\frac{1}{2}$  Fuß, und die Höhe  $11\frac{1}{2}$  Fuß. Also konnte die Luft von der Gluth nicht sehr erwärmt werden. Ich hatte zwar noch andere Thermometer in der Stube. Weil sie aber zu weit entfernt waren, so konnten sie auch nicht richtig angeben, wie viel die Luft und zwar bey den Thermometern, die ich zum Versuche gebrauchte, erwärmt worden. Ich setzte demnach diese Erwärmung =  $x$ , und so mußte  $x$  von dem Maximo des Steigens eines jeden Thermometers abgezogen werden, damit dasjenige Maximum bleibe, welches der Hitze der Gluth unmittelbar zuzuschreiben war. Da nun dieses Maximum umgekehrt, wie das Quadrat der Distanz seyn sollte, so hatte ich folgende Verhältnisse:

$$\begin{aligned} (16,0 - x) &: 1,0000 \\ (5,4 - x) &: 0,2998 \\ (2,7 - x) &: 0,1337 \\ (1,8 - x) &: 0,0740 \\ (1,4 - x) &: 0,0472 \end{aligned}$$

Hieraus fand ich mittelst einer Zeichnung, daß  $x = 0,7$  seyn müsse. Und damit erhielt ich die

beobachtete Grade.	berechnete Grade.
15,3	15,3
4,7	4,6
2,0	2,0
1,1	1,1
0,7	0,7

Eine genauere Uebereinstimmung war nicht zu erwarten. Ich hatte übrigens auch schon vorhin einen Versuch mit weniger Kohlsfeuer und drey Thermometern angestellt, und ebenfalls das Steigen sehr genau in umgekehrter Verhältniß des Quadrats der Distanz gefunden. Ich erachte es demnach unnöthig, eine kupferne Kugel gerade nur hiezu machen zu lassen. Noch muß ich sagen, daß die Thermometer von Weingeist waren, und daß ich aus diesem Grunde dieselben von der Gluthpfanne mehr entfernt halten mußte, weil bey größerer Wärme die Ausdehnung den Graden der Wärme selbst nicht mehr proportional bleibt. (S. 124.) Die Diameter der Kugeln waren von 8,3; 5,2; 9,5; 6,1; 6,8 Linien. Ich ordnete sie nicht nach ihrer Größe, damit, wenn je diese Ungleichheit einen Unterschied verursachen sollte, dieser Unterschied desto leichter bemerkt werden könnte.

§. 352.

Es kann nun aber die Hitze in geringern Entfernungen durch Rechnung gefunden werden. Das Thermometer 1. stieg 15,3 Grade. Diese müssen nun



nicht von dem anfänglichen Grade der Luftwärme 11,9, sondern von dem 11,9 + 0,7 = 12,6 Grade angerechnet werden. Damit ist das Thermometer bis zum 12,6 + 15,3 = 27,9 Grade gestiegen. Nun ist zufolge der Tafel (§. 140.)

Weingeist: thermom.	Luftthermo: meter.
+12,6	1055
+27,9	1123
	<hr/> 68.

Also betrug die Erwärmung des Thermometer I, so viel als 68 Grade des Luftthermometers.

§. 353.

Sodann kann die Gluthpfanne als eine Kugel angesehen werden, deren Halbmesser =  $\sqrt{\left(\frac{7}{12} \cdot 6 \cdot \frac{2}{2}\right)} = 2,93$  Zoll beträgt. Da nun der Abstand des Thermometers I = 12,62 Zoll war, so ist der Sinus des scheinbaren Halbmessers = 2,93: 12,62 = 0,232. Und dessen Quadrat = 0,0538. Hingegen ist an dem Umkreise dieser Kugel als an der kleinsten Distanz, die hier in Betrachtung kommen kann, der scheinbare Halbmesser = 90°, das Quadrat von dessen Sinus = 1,0000, folglich haben wir (§. 248.)

$$0,0538: 1,0000 = 68: 1265.$$

Demnach hat die Erwärmung dichte an der Kugel oder auch an der Gluthpfanne so viel als 1265 Grade des Luftthermometers betragen. Werden nun hiezu die 1055 Grade der Luftwärme (§. 252.) addirt, so ist die absolute Wärme daselbst der 2320ste Grad des Luftthermometers. Nun ist für schmelzendes Bley der Grad des Luftthermometers nach

Newton (§. 264.)	: : :	2043.
Muschenbroeck (§. 227.)	: : :	2515.
Ziegler (§. 265.)	: : :	2219.

Also konnte Newtons und Zieglers Bley bey Berührung der Gluthpfanne schmelzen, Muschenbroecks Bley aber nicht. Da ich eine ähnliche Rechnung schon bey dem Versuche mit der kleinern Gluthpfanne gemacht hatte, so machte ich mich bey dem zweyten Versuche gefaßt, Zinn und Bley in kleinen Körnchen in Bereitschaft zu halten. Um 2 Uhr 33 Minuten, da eben die Thermometer ihrem Maximo nahe waren, fand ich, daß das Zinn in Zeit von 2 oder 3 Secunden schon fließend war, hingegen mußte ich das Bley stärker an die Gluthpfanne andrücken, und doch wurde es nur so erweicht, daß es sich platt drücken ließ. Das Bley war aus bleyhernen dünnen Blechen zusammenschmolzen, und demnach von weißer und zäher Art.

§. 354.



§. 354.

Es ist nun aber diese mitgetheilte Hitze nur einseitig. Man muß sie demnach wenigstens verdoppeln, wenn man ihre Wirkung auf beyde Seiten bestimmen will. Dadurch erhält man den  $2. 1265 + 1055 = 3585$ sten Grad. Dieser kömmt nun der Hitze des weißglühenden Eisens (§. 92.) und Kupfers (§. 227.) schon sehr nahe.

§. 355.

Noch eine Folge, so unser Versuch darbeut, betrifft die  $0,7$  Gr. Wärme, so die Luft von dem Kohlfeuer, in Zeit von etwa 25 Minuten, erhalten. Dieses Kohlfeuer nahm, als es am stärksten war, einen Raum von  $1\frac{1}{4} \cdot 6 \cdot 6 \cdot 4\frac{1}{2} = 127,3$  Cubicollen oder  $\frac{1}{13,8}$  Cubicfuß ein. Da nun die Kohlen weder dicht an einander schlossen, noch dicht schließen sollten, so wird auch ein größeres Kohlfeuer, nach Maasse des Raumes, den es einnimmt, wenn die Kohlen gerade eben so dicht gelegt sind, der Luft mehr Wärme mittheilen. Daraus folgt, daß ein Cubicfuß Kohlfeuer den beyden Stuben  $0,7 \cdot 13,6 = 9\frac{1}{2}$  Grad Wärme mittheilen konnte. Diese Wärme wird aber allerdings nicht gleich vertheilt seyn. Denn auch die  $0,7$  Grad waren eigentlich an dem Orte, wo die Thermometer standen. Da nun des Winters die Stuben mehrentheils nur 12 oder 14 Reaumur'sche Grade wärmer sind als die äußere Luft, so folgt, daß zwey Caminfeuer, in welchen, zusammengerechnet,  $\frac{3}{4}$  oder  $1\frac{1}{2}$  Cubicfuß Kohlen brennen, den beyden Zimmern eine Wärme von 12 oder 14 Grad mittheilen können. Die beyden Zimmer enthalten 7234 Cubicfuß Raum. Bey alledem kömmt übrigen viel darauf an, ob Fenster und Thüren gut schließen, und ob die Wände getäfelt oder mit Tapeten bedeckt, oder bloße Mauern sind.

## Zweytes Hauptstück. Das Zurückprallen der Wärme.

§. 356.

Das erstbetrachtete Ausbreiten der Wärme geht fort, so weit sich kein Hinderniß findet, das will sagen, so lang die Feuertheilchen nicht an feste Körper anstoßen. Geschieht dieses aber, so dringen sie theils in den Körper hinein, theils fahren sie von dessen Oberfläche zurück, und zwar nach dem allgemeinen Gesetze, daß der Winkel, unter welchem sie zurück prallen, dem Einfallswinkel gleich ist. Dies. 3 Gesetz hat auch in Ansehung der Lichtstralen statt. Hingegen mag sich in der Art, wie die Wärme und das Licht an der Oberfläche sich theilt, so daß weder alles eindringt, noch alles zurückgeworfen wird, einigen Unterschied äußern.

E c.



## §. 357.

In Ansehung des Lichtes hat man längst schon Brennspiegel und Brenn-  
gläser, und die Berechnung, wie das Licht dabei seinen Weg ändert, kommt in  
allen Lehrbegriffen der Catoptric und Dioptric vor. Die Bestimmung der Menge  
und Dichtigkeit der zurückprallenden, der ein- und durchdringenden Lichtstralen,  
habe ich in der Photometrie durch Theorie und Versuche, so weit es sich damals  
thun ließe, vorgenommen. Ich werde mich demnach, so fern hier davon die Rede  
ist, darauf beziehen. Was in der Photometrie Dichtigkeit der Lichtstralen hieß,  
ist hier so viel als Dichtigkeit der Feuertheilchen oder Wärmestralen.

## §. 358.

Nun kommt es bey Brenngläsern und Brennsiegeln nur darauf an, daß  
man bestimme, in welcher Verhältniß die Lichtstralen dadurch dichter werden.  
Und diese Verhältniß ist die von dem Flächenraume des Bildes zum Flächenraume  
der Oefnung des Glases oder Spiegels. Es geht aber hievon etwas ab, weil  
nicht alles Licht durch die Gläser geht, und auch nicht alles vom Spiegel zurück  
geworfen wird. Wie viel dieser Abgang beträgt, habe ich in der Photometrie  
umständlich bestimmt; auch daselbst bereits angemerkt, daß wenn das Licht durch  
mehrere Gläser fällt, die Oefnungen derselben so bestimmt werden müssen, daß die  
vom Objectivglase nicht mehrere Stralen durchfallen lassen, als auch durch die  
übrigen Gläser durchgehen können.

## §. 359.

Die gerade Erleuchtung richtet sich, nach der Stärke des Lichtes und nach  
dem Quadrate des Sinus seiner scheinbaren Größe, wenn nemlich das Licht als  
circulrund erscheint, oder durch Rechnung auf ein solches reducirt werden kann.  
Diese gerade Erleuchtung wird nun in vorgedachter Verhältniß vom Flächenraume  
des Bildes zum Flächenraume der Oefnung des Objectivglases oder Spiegels ver-  
stärket, und dann wird abgerechnet, wieviel von dem einfallenden Lichte nicht in  
das Bild trifft.

## §. 360.

So z. E. führt Boerhave an, ein Willetscher Brennspiegel soll eine Oef-  
nung von 457 Linien im Diameter gehabt haben, und der Diameter des damit  
aufgefangenen Sonnenbildes habe 16 Linien betragen. Dieses setzt eine Brenn-  
weite von 12 Fuß voraus. Die Verstärkung des Lichtes war demnach, wie das  
Quadrat von 16, zum Quadrat von 457, folglich wie 1 zu 816. Man kann  
aber wegen des in den Spiegel eindringenden Lichtes kaum die Hälfte oder 400  
rechnen. Wenn wir nun nach dem oben beschriebenen Versuche setzen, daß ein schwar-  
zer Körper von dem gerade auffallenden Sonnenlichte 14 Reaumur'sche Grade  
von Wärme erhalte, (S. 278. 280.) und dabei annehmen, daß der Körper alle



Hitze auszuhalten fähig sey, so werden diese 14 Grade, so viel als  $1164 - 1102 = 62$  Grade des Luftthermometers betragen. (§. 278. 140.) Diese 62 Grade mit 400 multiplicirt, geben 25200 Grade, wozu noch die 1102 müssen addirt werden. Und so wird die Hitze eines solchen Körpers = 26302 Gr. des Luftthermometers, demnach 5 bis 6mal größer als schmelzendes oder weißglühendes Eisen seyn. Diese Hitze wird aber ein solcher Körper nicht in dem ersten Augenblicke erlangen, sondern eben so viel Zeit darüber vergehen, als wenn er an der Sonne nach und nach erwärmt. Wenn demnach seine Erklärungs-Subtangente von etwa 6 Minuten Zeit wäre, so würde er in der ersten Minute nur den 6ten Theil der 25200 Grade, das ist, 4200 Grade von Hitze erhalten, und demnach seine Wärme nur  $4200 + 1102 = 5302$  Grad seyn. Dieses ist indessen doch noch die Hitze des stark fließenden Eisens, oder wenig größer. (§. 92.) Amontons Glas schmolz bey dem 776sten Fahrenheitschen Grade, oder bey dem 2509ten Grad des Luftthermometers, und zwar in einer Luft, welche den 97sten Fahrenheitschen oder den 1134sten Grad des Luftthermometers hatte. (§. 330.) Das Glas erhielt demnach von dem glühenden Eisen nur  $2509 - 1134 = 1375$  Grade von Hitze. Hierzu ist aber bey dem Willerschen Spiegel eine Zeit von  $\frac{1}{2}$  Minuten hinreichend, auch wenn das Glas eine Kugel von 6 Linien Diameter ist, wie es ungefähr die zu 6 Minuten angelegte Erklärungs-Subtangente erfordert. Ist aber das Glas kaum eine Linie dick, so wird die Zeit 6mal kürzer, und demnach kaum von 3 Secunden. So wird wohl auch die vorgegebene augenblickliche Verglasung der Kieselsteine und Metalle durch den Willerschen Spiegel müssen verstanden werden.

§. 361.

Man erzählt ferner, daß, so groß diese Kraft des Willerschen Brennspiegels auch im Brennpunct selbst mag gewesen seyn, derselbe dennoch denen Körpern, die man 5 Zoll weit vom Brennpunct gehalten, kaum 190 Fahrenheitsche Grade von Wärme mitgetheilt habe. Und hieraus schloß man, daß die Hitze in viel größerer Verhältniß als die Dichtigkeit der Stralen zunehmen müsse. Ich finde aber, man müsse vielmehr daraus schließen, daß man theils die Zeit der völligen Erwärmung nicht abgewartet habe, und daß der Brennspiegel selbst die Stralen nicht so ganz genau vereinigt habe. Man fange mit einem stark erhobenen Brennglase oder stark gehöltem Brennspiegel die Sonnenstralen näher als der Brennpunct ist, auf, so wird man am Rande des Bildes oder des aufgefangenen Lichtkegels einen Ring sehen, welcher viel heller als die Mitte ist. Und dieser Ring ist desto breiter, je mehr die caustische Linie sich krümmt und von der Aze wegkehret. Ich habe auch gefunden, daß man in diesem Ringe Papier anzünden kann, wenn es sich in der Mitte noch nicht entzündet. Rückt man nun näher gegen den Brennpunct, so findet sich, daß der äußere und besonders der innere Rand dieses Ringes immer näher zusammenrückt, und endlich der Ring



sich in einen gleichhellen kleinen Circul verwandelt. Es ist ferner bey so großen Brennweiten, wie die von 12 Fuß ist, der Brennpunct nicht ein einzelner Punct, sondern er hat wegen der nicht parabolischen Mündung des Spiegels, und bey Gläsern noch überdies wegen der farbigen Stralen, eine ziemliche Länge in der Axe. Dieses macht die angegebene Distanz von 5 Zollen etwas zweifelhaft.

§. 362.

Wenn es nun aber wirklich so wäre, daß die Sonnenstralen stärker als nach Maaße ihrer Verdichtung erwärmen, so würde eben kein großer Willestischer Brennspiegel oder Tschirnhausisches Brennglas nöthig seyn, um sich davon zu versichern. Ich habe demnach den 20sten Hornung 1777, Vormittags um 11 Uhr, einen Versuch mit einem branderschen Brennglase angestellt, dessen Brennweite 2 Fuß betrug, und welches eine Oefnung von 7 Zoll oder 84 Linien hatte. Der Diameter des Sonnenbildes im Brennpunct, betrug demnach 2,7 Linien. Daraus folgt, daß es die durchfallende Sonnenstralen 968mal dichter machte. Da nun das Glas sehr reines Spieg-IGlas ist, so mögen der auffallenden Stralen nur etwa  $\frac{1}{3}$  mehr als der durchfallenden gewesen seyn. Wir können demnach, die durch das Glas im Brennpunct verstärkte Kraft als etwa 600mal größer, denn die Kraft der gerade auffallenden Sonnenstralen ansehen. Ich hielt nun ungefähr 2 $\frac{1}{2}$  Zoll innerhalb des Brennpunctes ein flaches Stückchen Tannenholz, in welches vorhin schon ein brauner kleiner Fleck gebrennt war. Die erleuchte Fläche auf diesem Holze hatte 12 Linien Diameter, da sie hingegen im Brennpunct nur 2,7 Linien, demnach  $\frac{1}{4}$ mal kleiner ist oder einen fast 20mal kleinern Flächenraum hat. Dieses 20mal weniger dichte Licht zündete das Holz in Zeit von 1 bis 2 Minuten so an, daß es nicht nur schwarz wurde, sondern schon etwas Gluth zeigte. Die Stralen waren daselbst in der Verhältniß von  $12^2$  zu  $84^2$ , folglich 49mal, oder wenn wir die vom Glase aufgefangene Stralen mit in Anschlag bringen, etwa 32mal dichter als die gerade auffallende Sonnenstralen. Sehen wir für diese, wie vorhin (§. 260.) 62 Grade des Luftthermometers, so erhalten wir den  $62.32 + 1102 = 3086$ sten Grad, als die Wärme, so das Holz erhalten konnte. Eine Hitze, die wenig geringer als Newtons Holzfeuer (§. 264.) ist.

§. 363.

Nun giebt die bloß catoptrische Berechnung, daß bey dem Willestischen Brennspiegel das Sonnenbild 5 Zoll innerhalb des Brennpuncts einen Diameter von 31 Linien hatte. Der Diameter des Brennspiegels oder seine Oefnung war von 457 Linien. Demnach müßten die Stralen in Verhältniß von  $31^2$  zu  $457^2$  oder 217mal, und mit Abrechnung des vom Spiegel nicht zurück geworfenen Lichtes etwa 100mal dichter als die gerade auffallende Sonnenstralen gewesen seyn, und folglich noch dreymal dichter als bey meinem Brennglase 2 $\frac{1}{2}$  Zoll innerhalb des Brennpuncts. Dieses verwandelte, in Zeit von 1 bis 2 Minuten, Holz in Kohlen.



Daß nun der Willefche Spiegel 5 Zoll innerhalb des Brennpuncts dieses nicht nur nicht gethan, sondern kaum die Wärme vom 190sten Fahrenheit'schen Grad hervorgebracht haben soll, dieses zu erklären, müßten alle Umstände des Versuches genauer bekannt seyn.

§. 364.

Ein Tschirnhausensches Brennglas von 48 Zoll oder 576 Linien Diameter soll nach Boerhavens Aussage, mittelst eines Sammelglases die Stralen in einen Raum von 8 Linien Diameter, folglich 5184mal verdichtet haben. Da aber die Gläser über die Hälfte der Stralen auffangen, so wird die Verdichtung wohl nicht über 2000mal gegangen seyn. Es ist aber dieses noch immer 5mal mehr als bey dem Willefchen Brennspiegel, (§. 360.) und so konnte die Hitze 25 bis 30mal stärker als die von schmelzendem oder weißglühendem Eisen seyn. Man begreift demnach, daß die Wirkungen 5mal schneller als bey dem Spiegel erfolgen konnten.

§. 365.

Da man den Brenngläsern und Brennspiegel, mittelst behöriger Bedeckung eine jede beliebige kleinere Oeffnung geben kann, so läßt sich die Wirkung der Sonnenstralen dadurch dergestalt vermindern, daß sie nur einen bestimmten Grad erhält, welcher eben hinreichend ist, eine gegebene Wirkung hervor zu bringen. Ich habe mich 1757 im Heumonath Nachmittage um 5 Uhr, dieses Umstandes bedient, um zu finden, welche Oeffnung einem Brennglase zu geben sey, damit dasselbe gerade hinreichte, Papiere von verschiedener Weise anzuzünden. Ich bedeckte das Glas mit einem schwarzen Blatt Papier, so weit es nöthig war, und berechnete nachgehends die Größe der noch übrigen Oeffnung. Das Glas ist das im §. 17ten S. der Photometrie beschriebene. Der Versuch gab folgendes:

Ganze Oeffnung	∴ ∴ ∴ ∴ ∴ ∴	= 1,00.
weißes Papier zu brennen	∴ ∴ ∴ ∴ ∴ ∴	= 0,66.
dickes Packpapier von gelbgrauer Farbe		
zu brennen	∴ ∴ ∴ ∴ ∴ ∴	= 0,38.
braungraues Holz anzubrennen	∴ ∴	= 0,33.
dunkelblau Packpapier anzubrennen	∴ ∴	= 0,15.
schwarzes Papier anzubrennen	∴ ∴	= 0,09.

Die Papiere und das Holz brennten nicht augenblicklich an, sondern erst, nachdem sie das Maximum der Erhitzung erreichten. Da die Sonne schon dem Untergange zueilte, und im Sommer selbst an hellen Tagen, die Luft am Horizonte nicht sehr durchsichtig ist, so sind die Stralen durch die Luft schon sehr geschwächer worden. Aus der Rechnung ergiebt sich auch, daß sie durch das Glas, nach Abzug der vom Glase noch aufgefangenen Stralen (Photom. §. 520.), 110mal müßten verdichtet werden, um das schwarze Papier anzubrennen, da bey der Mittagssonne eine 30malige Verdichtung schon würde hinreichend gewesen seyn. (§. 362.)



## §. 366.

Die bekannte Erzählung von den Archimedischen Brennspiegeln, haben mehrere Gelehrte auf die Gedanken gebracht, daß sie aus flachen Spiegeln möchten zusammengesetzt gewesen seyn, und besonders hat der Hr. v. Buffon sich deswegen viele Mühe gegeben. Es ist auch überhaupt leicht zu begreifen, daß wenn die Sonnenstralen, mittelst vieler solcher Spiegel auf einen Fleck gerichtet werden, dadurch ebenfalls eine vielfache Verdichtung der Sonnenstralen erhalten werden kann. An sich betrachtet, ist es auch gleich viel, auf welche Art die Verdichtung erhalten werde. Die Verfertigung solcher Spiegel gründet sich auf gewisse Eigenschaften der Parabel, die ich hier angeben werde.

## §. 367.

Es sey  $aF$  die Ase,  $F$  der Brennpunct der Parabel  $a c e$ . Ferner sey 12. Figur.  $a b$  die halbe Länge des Spiegels, auf dessen Mitte die Ase senkrecht steht. Man mache den Winkel  $b F c = b F a$ , so wird  $b c$  die Parabel in  $c$  berühren, und die Triangel  $a b F$ ,  $b c F$  werden einander ähnlich seyn. Man verlängere  $b c$  in  $d$ , so daß  $c d = c b$  werde. Sodann mache man den Winkel  $d F e = d F c$ , so wird  $d e$  die Parabel in  $e$  berühren, und die Triangel  $c F d$ ,  $d F e$  werden einander ähnlich seyn. Man verlängere wiederum  $d e$  in  $f$ , so daß  $f e = e d$  werde. Auf diese Art kann man von  $f$  eben so fortfahren, wie man von  $d$  fortgefahren hat, und so weit gehen, als man es dienlich erachtet. Fallen nun die Stralen in einer mit der Ase parallelen Richtung auf die Spiegel  $a b$ ,  $b d$ ,  $d f$ , &c. so werden sie von denselben in solchen Richtungen zurückfallen, die mit den aus der Mitte der Spiegel  $a$ ,  $c$ ,  $e$  &c. nach dem Brennpuncte  $F$  gehenden Linien  $a F$ ,  $c F$ ,  $e F$  &c. parallel sind. Den Beweis von der erst erwähnten Ähnlichkeit der Triangel, findet man allenfalls in meinen *Orbit. Comet.* §. 7. Daß ferner  $a$ ,  $c$ ,  $e$  &c. die Mittelpuncte der Spiegellängen  $a b$ ,  $b d$ ,  $d f$  &c. sind, folgt aus der Construction. Nun bleibt noch zu beweisen, daß auf jede der Spiegellängen gleich viele Sonnenstralen fallen, und zurück fallen, (wenn nemlich keine oder wenigstens gleich viele in die Spiegel eindringen.) Zu diesem Ende wird es genug seyn, wenn ich zeige, daß z. E. von  $c d$  eben so viel Licht zurück fällt als von  $d e$ . Man ziehe aus  $d$  die Linie  $d \gamma$  senkrecht auf  $F c \gamma$ , und  $d \epsilon$  senkrecht auf  $F e \epsilon$ , so ist wegen der Gleichheit der Winkel  $c F d$ ,  $d F e$ , auch  $d \gamma = d \epsilon$ . Da nun die Stralen von  $c d$  nach der Richtung  $c F$ , und die Stralen von  $d e$  nach der Richtung  $e F$  zurückfallen, so ist  $d \gamma = d \epsilon$  das Maas derselben; und wegen der Einfall- und Rückfallswinkel, auch das Maas der einfallenden Stralen.

## §. 368.

Die Länge der Spiegel  $a b$ ,  $b d$ ,  $d f$  &c., so wie die Perpendicularären  $d \gamma$ ,  $d \epsilon$  &c. und der Parabel kann nun nach Belieben gegen einander proportionirt werden. Was aber die Breite der Spiegel betrifft, so bestimmt sie sich das



durch, daß man sich gedenkt, die Parabel werde um ihre Aze gedreht, und daß sämtliche Spiegel ein parabolisches Polyhedrum vorstellen, welches die Linie  $aF$  zur Aze hat. Der Spiegel  $a$   $b$  wird wenigstens als ein reguläres Sechseck geschnitten. Man kann ihm auch mehrere Seiten geben. An jede Seite schließt sich ein Spiegel  $b$   $d$  an, dessen Breite von  $b$  nach  $d$  zunimmt, weil der Punct  $d$  weiter von der Aze absteht als  $b$ . Eben so schließt sich an jeden Spiegel  $b$   $d$  ein Spiegel  $d$   $f$  an &c.

## §. 369.

Da es bey den Brennsiegeln unbequem und hinderlich fällt, daß der Körper, den man dem Brennpunct aussetzt, den Spiegel beschattet, so ist man bey dieser Zusammensetzung, nicht daran gebunden, dieses Hinderniß zuzulassen. Man kann die von  $a$  entferntere Spiegel allein bey behalten, ohne die Parabel ganz um ihre Aze zu drehen. Ein schief abgeschnittenes Stück des Polyhedri wird immer auch zum Brennen dienlich seyn. Man erhält noch überdies einen gedoppelten Vortheil. Denn fangen z. E. die Spiegel erst bey  $f$  an, so wird die Brennweite  $fF$  größer als  $aF$  war. Und von den schiefen auffallenden Lichtstralen werden desto mehrere zurück geworfen. (Photom. S. 693—695.) Der ganze Spiegel wird übrigens auch dadurch merklich größer, wenn gleich viel Stralen darauf fallen sollen.

## §. 370.

Man ist übrigens auch nicht daran gebunden, die Spiegel nach einer parabolischen Wölbung zu stellen. Man kann sie an ein flaches Brett dergestalt mit Schrauben befestigen, daß man ihnen die jedesmal erforderliche Neigung geben kann. Diese Neigung bestimmt sich ohne Mühe. Es seyn  $A, B, C, D$  die Mittelpuncte der Spiegellängen,  $F$  die Mitte des Brennpunctes,  $aA, bB, cC, dD$  &c. die parallel einfallenden Sonnenstralen, die von den Mittelpuncten  $A, B, C, D$  nach  $F$  zurückgeworfen werden sollen. Mit diesen Stralen zieht man  $FM$  parallel, und beschreibt aus  $F$  einen halben Circul  $M\delta N$  von beliebiger Größe; so müssen die Spiegellängen mit den Chorden  $M\alpha, M\beta, M\gamma, M\delta$  &c. parallel gestellt werden.

## §. 371.

Bey solchen aus ebenen Flächen zusammengesetzten Brennsiegeln, kömmt nun eine Art von Halbschatten vor. Es sey einer der Planspiegel  $AB$ , so stellen  $CAc, DBd$  die Durchschnitte der Lichtkegel vor, deren Spitze in  $A, B$  ist, und welche bis zur Sonne verlängert dieselben ganz umschließen. Die Zurückwerfung giebt diesen Lichtkegeln die Lage  $LAl, MBm$ . Solche Kegel gedenke man sich als nach gleicher Richtung von jedem Punct des Spiegels ausgehend. Nun er giebt es sich ohne Mühe, daß in dem Raume  $ANB$ , so wie auch in dem Raume  $MNI$  von allen Kegeln Licht ist. Außerhalb dieser beyden Raume fällt von desto wenigern Kegeln Licht hin, je näher man den äußersten Linien  $AL, Bm$  kömmt.



Dieses abnehmende Licht hat mit dem, was man Halbschatten nennt, eine vollkommene Ähnlichkeit, und ist auch in der That eine Art von Halbschatten.  $N$  ist der Ort, wo durchaus nur Halbschatten ist, welcher in  $N$  die meiste Klarheit hat, und von  $N$  nach  $n$ , zu immer dunkler wird. Setzt man demnach, der Brennpunct der Spiegel soll in  $Ml$  seyn, so hat man eigentlich nur auf das Licht zwischen  $Ml$  Rechnung zu machen, weil dieses allein seine volle Stärke hat. Ist der Körper, den man dem Brennspiegel aussetzt, größer als  $Ml$ , so dienen die in  $L M$ ,  $l m$  fallende schwächere Stralen, um den Körper auch außerhalb  $M m$  etwas zu erwärmen, und in sofern sind sie nicht ganz unnütze. Die Klarheit in  $Ml$  ist übrigens bey einem runden Spiegel in umgekehrter Verhältniß des Quadrates von  $F f$ , wenn  $F, f$  mitten im Halbschatten genommen werden. Diese Regel geht aber nur an, so fern  $F f$  weiter als  $N$  entfernt ist. Denn in  $A N B$  ist es aller Orten gleich heile.

§. 372.

Will man aber für die Puncte  $Ml$  die außerhalb  $N$  liegen, die Rechnung genauer machen, so stellt man sich vor, daß Auge sey in einem beliebigen Punct  $g$ , und man bestimmt, den wievielten Theil von der Sonne es im Spiegel sehen kann, welche Figur auch immer der Spiegel haben mag. Diesem Theile ist die Helligkeit oder Dichtigkeit der Sonnenstralen in  $g$  proportional. Kürze halber kann man sich begnügen, den Punct  $g$  in der Mitte zu nehmen, und für denselben die scheinbare Figur und Größe des Spiegels zu bestimmen. Man beschreibt sodann einen Circul, welcher die scheinbare Größe der Sonne nach eben dem Maßstabe vorstellt, und zeichnet die scheinbare Figur des Spiegels so, daß wenn sie nicht ganz in den Circul gebracht werden kann und eckigt ist, die Ecken und Seiten so wenig als möglich hervorragen. Sodann rechnet man nach, der wievielte Theil des Circuls bedeckt ist, und diesem ist die Helligkeit in  $g$  proportional.

§. 373.

Die Brennspiegel und Brenngläser thun überhaupt die Wirkung, welche die Sonne selbst thun würde, wenn die Erde um so viel näher bey der Sonne wäre. Man gedenke sich die Oeffnung des Brennglases oder Brennspiegels um so viel kleiner, als die Verhältniß der einfallenden zu den durch- oder zurückfallenden Stralen es erfordert. Man gedenke sich, das Auge sey im Brennpunct, und man bestimme den scheinbaren Halbmesser dieser verminderten Oeffnung. Wäre nun die Erde der Sonne so nahe, daß ihr scheinbarer Halbmesser eben die Größe hätte, so würde das Sonnenlicht eben die Wirkung thun, die das Glas oder der Spiegel bey der nicht verminderten Oeffnung thut, und der Unterschied würde nur darinn bestehen, daß die Wirkung der Sonne nicht in einem kleinen Brennpunct eingeschränkt wäre, sondern sich über die ganze Erdoberfläche verbreiten würde. Dieser Unterschied hätte aber allerdings und in andern Absichten sehr viel auf sich.

§. 374.



## S. 374.

Indessen wollen wir uns einen runden Körper gedenken, der alle Hitze auszuhalten fähig sey. Wir wollen ferner sehen, die Sonne könne demselben 60 Grade des Luftthermometers Wärme geben. Würde nun dieser Körper auf die Oberfläche der Sonne gebracht, so würde die Dichtigkeit der auffallenden Sonnenstrahlen in der Verhältniß des scheinbaren Sonnentellers zur halben Kugelstäche vermehrt. Man setze den Durchmesser der Sonne von 32 Minuten eines Grades, so wird bemeldtes Verhältniß, wie das Quadrat des Sinus von 8 Minuten zum Quadrat des Sinus von 45 Graden, folglich wie 1 zu 92329 seyn. Diese Zahl mit den 60 Graden des Luftthermometers multiplicirt, giebt 5539740 Grade, eine 1100 bis 1400mal größere Hitze als die von schmelzendem Eisen. (S. 92.)

## S. 375.

Nun ist das Licht des Vollmondes 500000mal schwächer als das Sonnenlicht. (Photom. S. 1078.) Wenn demnach der Himmel rund herum dichte mit Vollmonden besetzt wäre, so würden von den 5539740 Graden nur der  $\frac{1}{500000}$ the Theil, demnach nur 11 Grade Wärme dadurch entstehen. Es würde auch in einer solchen Nacht, da der Himmel mit lauter Vollmonden besetzt wäre, nicht viel oder noch weniger helle seyn, als es unter Tagen bey hellem Himmel ist, wenn eine einzelne kleine Wolke vor der Sonne steht. Denn bey hellem Himmel sieht man den Mond unter Tagen nicht immer, wenn gleich derselbe über dem Horizonte ist, und ziemlich volles Licht hat. Der Himmel ist alsdann merklich heller als der Mond, weil seine Klarheit, die vom Monde unempfindlich machet: Nun habe ich bereits (S. 287.) angemerkt, daß ein so heller Himmel ein Thermometer um  $\frac{1}{2}$  dessen kann steigen machen, was es an der Sonne steigt, demnach etwa 20 Grade des Luftthermometers. Dieses ist also fast doppelt mehr als die erstgerfundene 11 Grade von einem mit lauter Vollmonden besetzten Himmel.

## S. 376.

In Ansehung der Brenngläser und Brennspiegel bleibt nun noch ein Umstand, welcher hier zu betrachten ist. Man kann sie nemlich von ganz ähnlicher Figur größer oder kleiner machen, und dann wird auch das Sonnenbild in gleicher Verhältniß größer oder kleiner. Die Helligkeit aber bleibt einerley. Nun hat die Erfahrung längst schon gelehrt, daß dieser gleichen Helligkeit unerachtet, das größere Bild mehr Hitze giebt als das kleinere. Und dieses ist der Grund, warum man auf Verfertigung größerer Brennspiegel und Brenngläser Bedacht nehmen mußte, wenn man stärkere Wirkung hervorbringen wollte.

## S. 377.

Es kömmt hiebey viel auf die Größe der Körper an, die man in den Brennpunct legt, weil die Wärme sich, so, wie sie von den Sonnenstrahlen erregt



wird, sich von dem Orte, wo die Stralen auffallen, durch den ganzen Körper verbreiten, und dadurch häuft sich die Wärme weniger und langsamer auf. Nun sammelt ein kleiner Brennglas weniger Stralen, wenn es sie auch gleich dicht zusammen bringt. Demnach ist auch aus diesem Grunde die Erhitzung geringer und langsamer. Man begreift daher, daß ein größeres Brennglas eine bleyerne Kugel schmelzen kann, da ein kleineres kaum ein bleyerne Schrot schmelzt. Das Maximum der Erwärmung ist  $n$  7 (S. 270.) Hier ist nun  $n$  in gerader Verhältniß der Dichtigkeit der Sonnenstralen und der Größe des Sonnenbildes, und in umgekehrter Verhältniß des Raumes den der Körper einnimmt. 7 aber in gerader Verhältniß dieses Raumes und in umgekehrter Verhältniß der Oberfläche des Körpers, (S. 260.) folglich ist  $n$  7, wie die Menge der auffallenden Stralen durch die Oberfläche des Körpers getheilt. Die Farbe und die Materie des Körpers kommt hier ebenfalls in Betrachtung, wie bey dem gerade auffallenden Sonnenlichte. (S. 274:281)

## §. 378.

Das Sonnenlicht ist nun auch das einige, welches in Absicht auf die Erwärmung in Betrachtung kommen kann. Das Mondlicht ist, wie wir erst gesehen haben, (S. 375.) viel zu geringe, weil der ganze Himmel mit Monden besetzt, nur 11 Grade des Luftthermometers Wärme hervorbringen könnte. Das Licht unseres irdischen Feuers ist kaum etwas heller als das Mondlicht, wenn beyde mit bloßem Auge angesehen werden. Dieses folgt aus dem im 1075ten §. der Photometrie beschriebenen Versuch, wo jedoch wegen eines Rechenfehlers  $2''93$ , anstatt  $2''3$  zu lesen, und das folgende darnach zu verbessern ist, da sodann der letzte Erfolg  $L: C = 1: 2,167$ , oder das durch die Luft aufgefangne Mondlicht mitgerechnet,  $L: C = 1: 1,3$  seyn wird, so daß die Helligkeit eines Falllichtes mit Augen gesehen, nur  $\frac{1}{3}$  heller ist als das Mondlicht, außer der Atmosphäre erscheinen würde. Bey dem irdischen Feuer haben wir demnach dessen Wärme nicht als Licht, sondern eigentlich als Wärme zu betrachten, weil das Licht desselben viel zu wenig Wärme giebt, als daß es sich der Mühe lohnte, darauf Rücksicht zu nehmen. Dieses ist auch aus der gemeinen Erfahrung bekannt. Man halte ein sehr durchsichtiges Glas vor das Gesicht, so ist man gegen das stärkste Caminfeuer geschützt, so lange das Glas nicht selbst nach und nach erwärmt wird. Ich habe mit einem großen Brennglase das Bild eines starken Ofenfeuers auf die Hand fallen lassen, und nicht die geringste Wärme dabey empfunden, wiewohl es mir übrigens vorkam, daß wenn ich die Hand schnell an den Ort des Bildes hielt, ich einen von den auffallenden Lichtstralen herrührenden sehr schwachen Stoß empfunden hatte. Das Glas, und eben so auch andere durchsichtige Körper, sondern demnach das Licht des irdischen Feuers von dessen übrigen Wärme ab, weil sie das Licht theils zurück werfen, größtentheils aber durchfallen lassen, ohne daß Zeit darüber vergehe. Undurchsichtige Körper nehmen ebenfalls die Wärme lange nicht



so geschwinde an, als sie den nicht zurückfallenden Theil der Lichtstralen in sich nehmen. Dieses geschieht augenblicklich, jenes sehr langsam.

§. 379.

Da demnach die meiste auf die Körper fallende Wärme von denselben zurück geworfen wird, so kann man mit Brennsiegeln erhalten, was mit Brenngläsern nicht angeht. Man hat auch nach Zahns Bericht längst schon in Wien den Versuch angestellt, daß man die Hitze eines Kohlfeners mit einem großen Brennspiegel von 18 Zoll Brennweite auffieng, und in der Entfernung von 20 bis 24 Fuß auf einen kleinern Spiegel von 9 Zoll Brennweite richtete, welcher die Wärmestralen wiederum dergestalt sammelte, daß Zunder, und mit demselben ein Schwefelfaden angezündet werden konnte.

§. 380.

Es seyn solche zween Spiegel A E B, C F D, und E F H deren gemein: 15. Figur: schaftliche Are. Die Kohlen stehen in K, und wenn wir, Kürze halber, das Feuer derselben als sphärisch ansehen, so wird die Linie E C den halben Diameter K L bestimmen, welcher gerade groß genug ist, damit alle von dem Spiegel A B zurückgeworfene Wärmestralen auf den Spiegel C D fallen, die ausgenommen, welche das Kohlfener selbst wieder auffängt, weil es im Wege steht. Ferner treffen die Linien A C, B D verlängert bey H in die Are, und E C verlängert, bestimmt den Halbmesser des vom ersten Spiegel A B in H gemachten Bildes H G. Wenn endlich der Vereinigungspunct der Stralen, die der Spiegel C D zurück wirft, in M ist, so giebt die Linie G F N den Halbmesser dieses Bildes M N an. Und die Verdichtung, der vom Spiegel A B zurückgeworfenen Stralen, wird nach der zweyten Zurückwerfung so ziemlich, wie  $M N^2$  zu  $A K^2$  seyn. In dieser Verhältniß würde demnach die Erwärmung in M größer als die in E seyn, wenn die Stralen auf den ganzen Spiegel A B mit gleicher Dichtigkeit auffielen. Da sie aber am Rande weniger dicht auffallen, weil die Entfernung größer ist, so geht um so viel ab, als diese Verminderung austrägt. Die Erwärmung in E ist nun aber geringer als unmittelbar am Kohlfener, und zwar in Verhältniß vom Quadrate des Halbmessers zum Quadrate des Sinus von  $K E L = C E F$ . (§. 348.) Wenn nun die glühende Kohlen in einer eisernen Gluthpfanne in K gestellt werden, wie es bey Zahns Versuche wirklich geschehen, so wird dem vorhin beschriebenen Versuche zufolge, die Erwärmung dicht an der Gluthpfanne, nur etwa 1265 Grade des Luftthermometers betragen haben, (§. 353.) und so mag die Erwärmung

$$\text{in } E = 1265. \text{ Sin } C E F^2 \text{ Grad,}$$

und die in M geringer als

$$1265. \text{ Sin } C E F^2. \left( \frac{A K}{M N} \right)^2$$

gewesen seyn.



§. 381.

Bei Zahns Versuche war nun  $CD = \frac{1}{2} AB$ , wenn man nemlich setzt, beyde Spiegel haben eine ähnliche Figur gehabt. Bei dieser Voraussetzung wird sodann ziemlicher maassen  $GH = AK$ , und  $KM = MH$ . Und wegen der großen Distanz beyder Spiegel kann ohne merklichen Fehler

$$MN = \frac{GH \cdot MF}{EM} = \frac{AK \cdot MF}{EM}$$

und

$$\sin CEF = \frac{AK}{2 \cdot EM} = \frac{CM}{EM}$$

demnach die Erwärmung in M

$$= 1265 \cdot \left(\frac{CM}{MF}\right)^2$$

gesetzt werden. Wenn demnach CM gerade nur so groß als MF oder der Bogen CFD von ungefähr 60 Graden war, so wird die Erwärmung in M = 1265 Grad, oder so groß als dicht an der Gluthpfanne gewesen seyn. Es geht aber aus vorhin erwähntem Grunde davon etwas ab, und überdies mag auch noch etwas abgehen, weil eben nicht alle auf die Spiegel fallende Wärmestralen davon zurückprellen. Denn die Spiegel selbst werden nach und nach etwas erwärmt, und da ist klar genug, daß die hineindringende Wärme, die eben nicht geringe ist, nicht zu der zurückgeworfenen gerechnet werden kann. Es kann nun hinwiederum auch seyn, daß  $CM > MF$  gewesen. Da mir aber die Umstände des Versuches nicht hinreichend bekannt sind, so lasse ich es dabey bewenden, daß man aus diesem nur beyläufigen Ueberschlage noch ziemlich sehen kann, daß der Erfolg des Versuches sehr wohl möglich gewesen.

§. 382.

16. Figur.

Den 8ten April 1777. stellte ich einen hohlen papiernen Cylinder DHIE und zwey Thermometer A, G, so, daß als die Gluthpfanne in KL gestellt wurde, die Distanzen  $CA = CB = 8$  Zoll,  $CF = 12$  Zoll waren. Die Gluthpfanne war die im §. 351. gebrauchte, sie war aber diesesmal mehr und mit stärkerer Gluth angefüllt, ehe sie in das Zimmer gebracht worden. Die Mitte der Gluth hatte mit den Thermometern gleiche Höhe. Ich sieng hierauf an, das Steigen beyder Thermometer, und besonders das Maximum zu beobachten. Beyde waren Anfangs bey 14,6ten Reaumurischen Grade. Das Thermometer A stieg bis zum 32,9ten, und das Thermometer in F bis zum 20,8 Grade. Diese Grade nach der Tafel (§. 140.) auf Grade des Luftthermometers reducirt, sind 1067, 1094, 1144. Es war also die Erwärmung von A = 77 Gr. Die von F = 27. Demnach erhielt das Thermometer A fast 3mal mehr Wärme als das Thermometer F.



## §. 383.

Nun ist wegen der gleichen Entfernung die Dichtigkeit der Wärmestralen in B eben so groß als in A. Wenn ferner der Cylinder alle durch die Oeffnung D E auf seine innere Seite fallende Stralen zurückwürfe, so würden durch H I eben so viele herausfahren als durch D E hineingekommen sind. Damit aber würden auf das Thermometer eben so viele Wärmestralen gefallen seyn, als wenn es in B oder auch in A gestanden hätte. Es hätte demnach eben so viel als das Thermometer A erwärmt werden müssen. Der Versuch giebt aber, daß es fast 3mal weniger Wärme erhielt. Der Diameter des Cylinders war 17 Linien, seine Länge 4 Zoll. Daraus folgt, daß ungeachtet mehrere Stralen gerade durchgingen, dagegen auch mehrere zweymal zurück geworfen wurden, und folglich doppelten Verlust litten. Uebrigens war der Cylinder inwendig nicht geglättet, und so mag dieses ein Grund mit gewesen seyn, warum weniger Wärmestralen zurück fielen. Ich hatte auch den Cylinder mit einem papiernen Rande umgeben, damit er nicht von außenher erwärmt werden sollte.

## §. 384.

Ich habe nun oben (§. 271.) gezeigt, daß das Maximum der Wärme  $n$  7, welches ein vor dem Feuer stehender Körper erhält, von demselben nach eben der logarithmischen Linie erhalten wird, nach welcher er es in einer Luft erhalten würde, welche die Wärme  $n$  7 hätte. Der Körper erhält demnach in beyden Fällen in gleicher Zeit gleich viel Feuertheilchen, und der Unterschied ist nur, daß er sie am Feuer bloß an der gegen das Feuer gekehrten Seite, in der Luft aber durch seine ganze Oberfläche erhält. Da nun dessen unerachtet ihre Menge gleich ist, so folgt, daß die Feuertheilchen im ersten Fall dichter auffallen als im letztern Fall. In beyden Fällen werden aber von der Oberfläche mehrere der auffallenden Feuertheilchen zurück geworfen. Es ist dieses also ein Grund mit, warum ein kalter Körper die Wärme der Luft langsam annimmt.

## §. 385.

Man ist überhaupt der Meinung, daß die Wärme in einer innern Bewegung der Feuertheilchen bestehe, und ihre Kraft mehr durch Stoßen als durch bloßes Drucken äußere. Der Druck würde auch zu mehreren Wirkungen des Feuers viel zu unthätig seyn. Diese innere Bewegung gedenke ich mir nun aber nicht, wie wenn sie in dem innern der Feuertheilchen selbst wären, sondern als eine bloße Fortsetzung der Bewegung, die die Feuertheilchen einmal erhalten haben. Mit dieser Bewegung dringen sie in die Körper, stoßen an deren innern Theilen unter allen Winkeln an, werden von denselben zurückgeprellt, und fahren sodann wieder an andere an *ic.* und so circuliren sie mit unzähligen Wendungen im Körper herum, bis sie etwa an dessen Oberfläche kommen, und von da herausfahren, wogegen aber auch andere wieder herein kommen.



§. 386.

Bei dieser Vorstellungsart kann man sich nun durch einen Körper eine nach Belieben gezogene Ebene gedenken, und es wird folgen, daß wenn der Körper in allen Theilen gleich warm ist, in jedem Zeittheilchen, gleich viele Feuertheilchen durch diese Ebene hin und her gehen. Man gedenke sich nun ferner, die Wärme sey auf beyden Seiten der Ebene ungleich, oder sie werde auf der Seite A mit einemmale geringer gemacht; so werden zwar in dem ersten darauf folgenden Zeittheilchen  $d\tau$  noch eben so viele Feuertheile  $dy$  aus B gegen A durch die Ebene gehen. Hingegen gehen nun aus A nach B nicht mehr so viele, sondern nur  $d\eta$ , weil ihre Dichtigkeit in A von  $y$  auf  $\eta$  herunter gesetzt worden. Die Seite B verliert also wirklich  $dy - d\eta$  Feuertheilchen, die nicht mehr wieder ersetzt werden. Setzt man, die Ebene sey so gezogen, daß sie den Körper in zween gleiche Theile theilte, so wird auch die Menge der Feuertheilchen wie  $y$  zu  $\eta$  seyn. Da demnach in diesem Fall  $dy : d\eta = y : \eta$  ist, so folgt, daß  $dy - d\eta$  dem Ueberschusse  $y - \eta$  proportional sey. Ist hingegen A größer, so wird B die Feuertheilchen  $dy - d\eta$  eben so wie vorhin verlieren, ohne daß sie wieder ersetzt werden. Da aber diese in A sich durch einen größern Raum ausbreiten, so wird ihre Dichtigkeit dadurch vermindert, und dieses zieht für die folgenden Zeittheilchen eine andere Verteilung der Wärme nach sich. Diese Betrachtung giebt nun an, daß die Feuertheilchen, um welche die Wärme von B wirklich vermindert wird, nicht die einigen sind, die aus B in A übergehen, sondern nur die, so mehr herüber gehen als wieder zurückkommen. Auf diese Art leuchtet mir das von Newton zuerst gebrauchte Gesetz (§. 251.) klarer ein, als wenn Martine es aus dem der Geschwindigkeit proportionalen Widerstande herleiten will. (§. 253.)

§. 387.

Man gedenke sich nun z. E. eine Thermometerkugel, die halb in Wasser gesenkt wird, und halb in der Luft sey. Wasser und Luft haben gleiche Wärme, die Kugel aber sey wärmer, und zwar in allen Theilen gleich warm, so daß gegen alle Theile ihrer innern Oberfläche gleich viele Feuertheilchen anfahren. Da nun das Thermometer im Wasser 8 bis 10mal geschwinder erkältet als in der Luft, so müssen von den gegen die der Luft ausgesetzte halbe Oberfläche anfahrenen Feuertheilchen 8 bis 10mal weniger durchgehen, als von denen, so gegen die vom Wasser benetzte halbe Oberfläche anfahren. Nun fahren gleich viele an. Demnach müssen von der ersten Fläche mehrere wieder zurückprallen als von der andern. Hierinn hat die Wärme mit dem Lichte einige Aehnlichkeit. Es fällt z. E. von der innern Oberfläche eines Glases mehr Licht zurück, wenn man das Glas in der Luft hält, als wenn diese Oberfläche auf dem Wasser liegt. Man hat, um dieses zu erklären, die anziehende Kräfte zu Hülfe genommen, und mittelst derselben wird man das Zurückprallen der Wärme wenigstens eben so gut erklären können. Dieses



Zurückprallens der Wärme habe ich übrigens bereits (§. 310.) bey Anlaß eines Versuches Erwähnung gethan, der nicht anders, als mittelst desselben sich erklären läßt.

## §. 388.

Es erkläret sich nun als eine fernere Folge von diesen Betrachtungen, warum bey dem Erwärmen und Erkälten der Körper nicht die absolute Wärme  $y$ ,  $\eta$ , sondern nur der Ueberschuß  $y - \eta$  in Betrachtung kömmt. Denn wenn von dem Körper B, der die Wärme  $y$  hat, die Feuertheilchen  $d y$  in den Körper A übergehen, dessen Wärme nur  $\eta$  ist, so gehen aus diesem in jenen nur  $d \eta$  Feuertheilchen, und da ist  $y: d y = \eta: d \eta$ . Und die Feuertheilchen, die der Körper B wirklich verliert, sind nicht  $d y$ , sondern nur  $d y - d \eta$ . Und diese sind in Verhältniß, nicht von  $y$ , sondern von  $y - \eta$ . Und dieses geht so weit, daß selbst die in vorhergehendem Hauptstücke betrachtete Ausbreitung der Wärme, die sich nach den Quadraten der Distanz richtet, nicht die Wärme  $y$ , sondern nur den Ueberschuß  $y - \eta$  betrifft. (§. 347.) Dieses macht nun aber, daß man, Kürze halber, sich begnügen kan, die Feuertheilchen  $d y - d \eta$  allein als solche anzusehen, die aus B in A übergehen, dafern man nicht besondere Gründe hat, sowohl  $d y$  als  $d \eta$  an und für sich zu betrachten. Ich habe mich im vorhergehenden auch immer dieser abgekürzten Ausdrücke bedient; und überdies noch vom Gleichgewichte gesprochen, so oft  $d y = d \eta$  gesetzt werden mußte, weil allerdings, wenn  $d y = d \eta$  ist, die von der Bewegung, dem Anstoßen und Zurückprallen der Feuertheilchen herrührende Wirkungen einander gleich sind, und ein immer wiederkehrendes Stoßen, die Stelle eines in einem fortdrückenden Kraft vertreten kann.

## Drittes Hauptstück.

Verbindung der Ausbreitung mit dem Zurückprallen der Wärme.

## §. 389.

Das erst erwähnte Zurückprallen eines Theiles der Feuertheilchen von der innern Oberfläche der Körper, hat nun in Ansehung der Ausbreitung der Wärme, die sich nach dem Quadrate des Abstandes richtet, einen besondern Erfolg, so oft der Körper von nicht unendlicher Größe ist. Man setze, um diesen Erfolg sogleich durch ein Beispiel zu erläutern, einen Körper in den Brennpunct eines Brennglases, so daß das Sonnenbild nur auf einen kleinen Theil seiner Oberfläche treffe: so wird eigentlich nur dieser Theil unmittelbar erwärmt. Von da



216 Verbindung der Ausbreitung mit dem Zurückprallen der Wärme.

an breitet sich aber diese Wärme in dem Körper nach allen Gegenden aus, und wird, in sofern in umgekehrter Verhältniß des Quadrats der Distanz schwächer. Auf diese Art würde es auch ins Unendliche fortgehen, wenn der Körper unendlich groß wäre. Da wir aber denselben von mäßiger Größe setzen, so stößt endlich die sich ausbreitende Wärme an die innere Oberfläche des Körpers an. Ein Theil mag durchdringen, aber der größere Theil prellt von da wieder zurück, bis er wiederum irgend an die innere Oberfläche anfährt, wo sodann aufs neue ein Theil durchgeht, der übrige Theil zurückprallet *ic.* Ich kann übrigens nochmals erinnern, daß auch hier immer nur, nicht von  $d y$ , sondern von  $d y - d \eta$  (§. 388. 389.) die Rede ist. Auf diese Art vertheilt sich demnach die mittelst des Brennglases in dem Körper gebrachte Wärme durch denselben dergestalt, daß das Quadrat der Distanz aufhört, in Betrachtung zu kommen, ungefähr eben so, wie ich vorhin (§. 383.)

16. Fig. in Ansehung des Cylinders D H I E sagte, daß wenn in demselben alle Wärme zurückprallte, durch H I so viele Feuertheilchen herausfahren würden, als durch D E herein kommen.

§. 390.

Ich sagte erst, das Quadrat der Distanz höre auf in Betrachtung zu kommen. Dadurch verstehe ich nicht, daß es vom ersten Augenblicke an, aufhöre. Die Zurückprallungen, und besonders die erstern, müssen bereits vorgegangen seyn. Es zeigt aber der vorhin (§. 387.) erwähnte Versuch (§. 310.), daß selbst in kleinen Körpern dazu oft mehrere Minuten erfordert werden, wenn die Vertheilung der Wärme endlich so geschehen soll, daß die Erkältung logarithmisch erfolgen könne. Die Bewegung der Wärme in dichten Körpern ist ziemlich langsam.

§. 391.

Wenn die Wärme nicht durch einen Theil, sondern durch die ganze Oberfläche des Körpers in denselben eindringt, so dringt nicht nur in gleicher Zeit mehr Wärme ein, sondern die Vertheilung im Körper geht auch geschwinder von staten. Denn wenn  $\frac{1}{2}$  E. der Körper sphärisch ist, so wird in jeder concentrischen Schale die Wärme in derselben gleich vertheilt, und größer seyn, wenn sie dem Mittelpunct näher ist. Da es zu weitläufig seyn würde, die Vertheilung der Wärme nach allen Zurückprallungen zu berechnen, so habe ich nur die gerade fortgehende Wärme berechnet, und finde, daß wenn der Halbmesser der Kugel =  $r$ , und der von einer beliebigen Schale =  $r$  gesetzt wird, die Wärme dem Ausdrücke

$$\frac{1}{r} \cdot \log. \frac{1 + 2r + r^2}{1 + r^2}$$

proportional, und daher im Mittelpunct etwa 3mal größer als am Rande ist. Wenn nun immer mehrere Wärme von außen in den Körper eindringt, so häuſet sie sich in demselben auf, bis endlich eben so viele Wärme aus demselben heraus geht, als eindringt, und so wird der Körper endlich in allen Theilen gleich warm,

so



so daß durch jede Ebene, die man sich durch den Körper gezogen gedenket, in gleicher Zeit gleich viel Wärme hin und her geht.

§. 392.

Diese Betrachtungen dienen nun einzusehen, wie die verschiedene einander entgegen scheinende Gesetze der Pyrometrie, beyammen bestehen. Das Zurückprallen von der innern Oberfläche ändert die Richtung und weist die Wärme wiederum näher gegen den Ort zurück, wo sie hergekommen war. Die Ausbreitung nach den Quadraten der Distanz geht also nur so weit als die Wärme noch nicht zurückgeworfen wird. Sobald aber dieses geschieht, höret das fernere Ausbreiten auf, weil die Oberfläche des Körpers demselben Ziel setzt, und anstatt alle Wärme frey durchzulassen, gewöhnlich den größten Theil zurückwirft. Und hiebei geschieht alle Bewegung der Wärme deswegen, weil vom kältern Ort weniger Feuertheilchen gegen den wärmern fahren als von diesem gegen jenen. Was also aus dem wärmern Ort mehr wegfährt, geht demselben ab und fällt dem kältern zu gute. Hieraus folgt die Ausbreitung nach dem Quadrat der Distanz, sofern diese nicht durch das Zurückprallen von der Oberfläche eingeschränkt und geändert wird. Aus allem diesem folgt sodann die Vertheilung der Wärme, die zur einformigsten Erwärmung und Erkältung die schicklichste ist. (§. 318.)

### Viertes Hauptstück.

#### Die Geschwindigkeit im Fortgange der Wärme.

§. 393.

Die durchsichtigen Körper haben das besonders, daß sie dem Lichte einen geradelinichten Durchgang verstatten, sobald dasselbe einmahl durch ihre Oberfläche hindurch ist. Dieses findet in Ansehung der Wärme nicht statt. (§. 278.) Sie dringt langsam in die Körper, und nimmt darinn den Weg, den die Zwischenräumchen offen lassen, das will sagen, nach allen möglichen Richtungen, und Zurückprallungen von den Theilchen der Körper nach allen Einfallswinkeln. Dieses macht nun, daß wenn von der Geschwindigkeit, mit welcher die Wärme sich fortpflanzt, die Rede ist, eine mittlere Geschwindigkeit muß verstanden werden. Es sey  $CA$  die Richtung, nach welcher die Fortpflanzung geschieht, und zugleich auch die Geschwindigkeit der Feuertheilchen. Da nun diese sich nach allen Gegenden bewegen, so ist offenbar, daß einem Feuertheilchen, dessen Richtung und Geschwindigkeit  $CM$  ist, eigentlich nur die Geschwindigkeit  $QM$  zugerechnet werden könne, weil es sich von dem Durchschnitte  $BCD$  in gleicher Zeit nur um  $QM$  entfernt. Man sehe nun  $CA = 1, MCA = \varphi$ ; so ist  $QM = \cos\varphi$ . Nun ist  $2\pi \cdot \sin\varphi \cdot d\varphi$  die Menge der Feuertheilchen, welche die Geschwindigkeit  $QM = \cos\varphi$  haben, folglich  $2\pi \cdot \cos\varphi \cdot d\varphi$  die Summe ihrer Geschwindigkeiten, und demnach, wenn man integrirt und  $\varphi = 90^\circ$  setzt, die ganze

Ge

17. Figur.



Summe =  $\pi$ . Diese durch die ganze Summe der Feuertheilchen  $2\pi l \sin\phi$ ,  $d\phi = 2\pi$  getheilt, giebt die verlangte mittlere Geschwindigkeit =  $\frac{1}{2}$ , folglich gerade die Hälfte der absoluten Geschwindigkeit  $CA = 1$ .

§. 394.

Aus der gemeinen Erfahrung ist mir ein einiger Umstand bekannt, wo die Geschwindigkeit, womit Kälte und Wärme in der Luft sich fortpflanzen, einigermaßen geschätzt werden kann. Dieser Umstand ereignet sich im Winter, wenn man in der warmen Stube ist und eine Thüre geöffnet wird, auch eine Weile offen bleibt, wie es z. E. geschieht, wenn mehrere Personen zugleich herein kommen oder heraus gehen. Wenn man in der Stube weit von der Thüre weg ist, so wird eine oder mehrere Secunden Zeit vergehen, ehe man besonders an den Füßen die einbrechende Kälte zu empfinden anfängt. Eigentlich geht die Wärme heraus, und zwar erstlich zunächst bey der Thür, sodann auch von den entferntern Orten des Zimmers. Die Empfindung ist merklicher, je mehr die Stube warm und die äußere Luft kalt ist. Ich erinnere mich aber nicht, daß daher eine Aenderung in der Geschwindigkeit entstehe, womit die Kälte eindringt, oder eigentlicher zu reden, die Wärme sich heraus zieht, wenn nicht etwa der Wind dazu kömmt.

§. 395.

Vor mehrern Jahren ließ ich mir von überzinnem Bleche einen auf bey-  
 28. Figur. den Seiten umgebognen Cylinder a B E t g H D c machen, und an der einen Biegung eine Scheidewand B D einlöthen, damit ich z. E. in den Arm a B D c warmes, und in den andern Theil kaltes Wasser gießen konnte, ohne daß sich beydes mit einander vermengte. Die Scheidewand B D war ebenfalls von dünnem Bleche, damit die Wärme leichter aus dem warmen Wasser in das kalte übergehen konnte. Der Diameter des Cylinders war von  $22\frac{1}{2}$  Linien rheinl. a B = f E = 54 Linien, und B E = 108 Linien, und die Biegungen rechtwinklicht. Als diese Röhre auf dünnen Füßen wagrecht stand, goß ich den Theil B D H G F E voll Wasser bis in G F, etwa 6 Linien unter g f, und hieng ein Reaumurisches Weingeistthermometer T K in dasselbe, so daß die Kugel 2 Zoll tief im Wasser war. Die Kugel K betrug genau 7 Pariser Linien, und damit war ihre Erkältungs-Subtangente in der Luft von eben so vielen, nemlich 7 Minuten Zeit. (§. 261.) Im Wasser mußte sie demnach 8 bis 10mal kleiner sey. (§. 263.) Ich fand sie auch, vermittelst eines deswegen angestellten Versuches von etwa 48 Secunden.

§. 396.

Als nun das Thermometer den Grad der Wärme des Wassers angenommen hatte, und 12,8 Gr. zeigte, ließ ich in den Theil a B D c siedend Wasser gießen, bis in A B ebenfalls einen halben Zoll unter a c. Dieses geschah den 1sten Hornung 1777. Nachmittag, als die Penduluhr, vor welcher der Cylinder stand 2 Uhr 49 Minuten zeigte. Von dem Augenblicke an gab ich genau auf das



Thermometer Achtung, um zu sehen, ob ich den Zeitpunkt bemerken könnte, da es zu steigen anfangen würde. In den ersten 37 Secunden war nicht das geringste zu merken, dann aber schien es einen  $\frac{1}{5}$  Grad höher zu stehen, und zu Ende der ersten Minute war es  $\frac{1}{5}$  Grad gestiegen. Von da an aber stiege es zusehens, so daß es in 30 Secunden schon 3 ganzer Grade höher war. Ich fuhr fort es zu beobachten, und beobachtete mit einem andern kleinern Thermometer die Wärme, die in A B unter der Oberfläche des Wassers noch übrig war. Ich tauchte es nemlich ein, und bemerkte das Maximum seines Steigens, welches notwendig der Wärme, die das Wasser alsdann hat, gleich ist. Dieses Eintauchen wiederholte ich jedesmal von neuem. Denn wenn ich es darinn hätte hängen lassen, so würde es immer etwas wärmer als das nach und nach erkältende Wasser geblieben seyn, wiewohl, da die Erkältungs-Subtangente dieses Thermometers im Wasser kaum eine halbe Minute ist, der Unterschied nicht sehr groß würde gewesen seyn.

S. 397.

Die beobachteten Grade sind nun folgende:

Zeit.		Grade in	Grade un-	Zeit.		Grade in	Grade un-
St.	"	K.	ter A C.	St.	"	K.	ter A C.
2	49	0	12,8	3	7	0	20,4
		37	12,85		8		20,3
	50	0	12,9		9		20,2
		30	15,9		10		20,15
	51	0	17,3		13		37,5
		30	18,3		15		19,9
	52	0	18,9		19	30	31,0
		30	19,5		20		19,8
	53	0	19,8		25		19,5
		30	20,0		28	30	27,5
	54	0	20,15		30		19,3
	55	0	20,4		35		18,9
	56		20,6		43		22,0
	57		20,7		45		18,6
	58		20,7		55		18,1
	59		20,8	4	12		17,4
3	0		20,8		13		18,0
	1		20,7		25		16,85
	2		20,7		58		15,7
	3		20,65	7	16		13,2
	4		20,6		&c.		
	5		20,55				
	6		20,4				

Et 2



S. 398.

Da das Thermometer T K, so klein auch seine Erkältungs: Subtangente im Wasser ist, die Wärme desselben nicht augenblicklich ganz annimmt, so zeigte es auch, zumal in den ersten Minuten, die Wärme des Wassers nicht. Diese muß demnach erst aus dem Steigen des Thermometers gefunden werden. Zu die-  
 19. Figur. sem Ende trug ich die Zeiten auf die Abscissenlinie A C, und richtete die Grade des Thermometers als Ordinaten auf. Durch deren Endpuncten ließ sich sodann die krumme Linie A B M D ziehen, deren Ordinaten demnach das Steigen des Thermometers vorstellen. Mitteltst dieser krummen Linie war nun eine andere A B E N D zu finden, welche das Erwärmen des Wassers in K (18. Fig.) vorstellen soll. Diese Linie mußte demnach von der Beschaffenheit seyn, daß wenn man nach Belieben einen Punct M nimmt, und an denselben eine Tangente M T zieht, und dieselbe, so wie auch die Ordinate P M so weit verlängert, bis ihre Entfernung oder die Perpendicular N T der Erkältungs: Subtangente des Thermometers gleich wird, das will sagen, bis N T, auf A C gemessen, 48 Secunden beträgt. Auf diese Art erhält man den dem Punct M entsprechenden Punct N. P M ist die Erwärmung des Thermometers, und P N die vom Wasser in K (18. Fig.)

S. 399.

Es ergab sich nun hieraus, daß die krumme Linie A B E N D sich von B an fast ganz gerade aufwärts zieht, und dieses will sagen, daß das Wasser in K (18. Fig.) nach Verfluß der ersten Minute einen merklichen Grad von Wärme mit einemmale erhielt. Wenn ich mich aber richtiger und eigentlicher ausdrücken soll, so kann diese Wärme nicht, wenigstens nicht ganz als die vom Wasser angesehen werden, und zwar aus gleichen Gründen, aus denen ich oben sagte, daß die Sonnenstralen (S. 250.), und eben so auch die Wärmestralen des Feuers, (S. 346.) wenn sie durch die Luft fahren, die Luft nicht wärmer machen, als sie zunächst am Schatten ist. Hier fährt nemlich die Wärme von der Scheidewand B D (18. Fig.) nach K, und von da bis an die Oberfläche des Wassers G F, wo sie zum Theil wieder zurück fährt, (S. 387.) und da immer neue hinzu kömmt, sich nach und nach aufhäufet. Indessen steigt das Thermometer dennoch so, als wenn das Wasser diese Wärme hätte. (S. 271.) Ich merke auch diesen Unterschied hier nur an, weil es sich daraus deutlicher ergibt, daß eigentlich nicht die Erwärmung des Wassers, sondern die Bewegung der Wärme eine Minute Zeit gebrauchte, um von der Scheidewand B D bis zur Kugel in K zu kommen, und daß sie, so zu sagen, mit voller Macht, und nicht nach und nach, anlangte. Der Weg mag ziemlich genau 8 Zoll betragen. Und da wir dieses als die mittlere Geschwindigkeit anzusehen haben, (S. 393.) so folgt, daß die absolute Geschwindigkeit der Feuertheilchen im Wasser 16 Zoll in eine Minute beträgt. Zum Gebrauche aber müssen wir es bey den 8 Zollen bewenden lassen, weil bey der Fortpflanzung der Wärme die schiefe und veränderliche Richtungen des Weges jeder



einzelnen Feuertheilchen weiter nicht in Betrachtung kömmt, und es dabey auch nicht die Frage ist, ob ein und eben das Feuertheilchen den ganzen Weg zurück legt, oder ob andere an dessen Stelle kommen.

S. 400.

Die Minute Zeit, welche die Wärme gebrauchte, um bis an die Kugel K zu kommen, fällt nun aus der Rechnung weg, die man wegen des Steigens des Thermometers T K vornehmen kann. Denn ehe die Wärme in K anlangt, kann das Thermomeer nicht steigen. Die Rechnung selbst setzt voraus, daß man wenigstens drey logarithmische Linien gebrauchen müsse, weil das Thermometer, das Wasser in B F, und das Wasser in B C als drey verschiedene Körper anzusehen sind. (S. 317.) Ich sage, wenigstens drey, weil wenn die anfänglichen Abweichungen zu stark seyn sollten, um dieselben dennoch in die Rechnung zu ziehen, mehrere erforderlich seyn würden. (S. 319.) Ich habe indessen einen Versuch mit dreyen gemacht, und für die Grade des Thermometers von 2 Uhr 50 Min. angerechnet, folgende Formel gefunden:

$$\begin{aligned}
 y &= nI (0,96442 - 0,003953 \cdot \tau) \\
 &- nI (0,59106 - 0,09691 \cdot \tau) \\
 &- nI (0,71600 - 0,50851 \cdot \tau) \\
 &+ 12,8 \text{ Gr.}
 \end{aligned}$$

Die Zeit  $\tau$  wird in Minuten genommen, und  $nI$  bedeutet die Zahl des in (...) eingeschlossenen Logarithmen. Diese Formel giebt folgende Werthe:

Zeit. $\tau$ .	y beobach: tet.	y berechn. net.
0	12,8	12,8
1	17,3	17,2
2	18,9	18,9
3	19,8	19,7
4	20,1	20,1
5	20,4	20,3
6	20,6	20,5
7	20,7	20,6
8	20,7	20,7
9	20,8	20,8
10	20,8	20,8
15	20,6	20,7
30	19,8	19,8
60	18,3	18,1
82	17,4	17,4
128	15,7	15,7
266	13,2	13,2



## §. 401.

Von den drey zu dieser Berechnung gebrauchten logarithmischen Linien, ist die letzte eigentlich die, welche das Thermometer selbst angeht. Sie hat auch den Werth

$$\frac{0,43429}{0,50851} \cdot 60'' = 51''$$

zur Subtangente, welches von den vorhin erwähnten von 48'' wenig unterschieden ist. Hingegen ist die erste der drey logarithmischen Linien die Asymptote der Erklärung des ganzen Systems. (§. 318.) Die Subtangente ist

$$\frac{0,434294}{0,003953} = 110 \text{ Minuten.}$$

## §. 402.

Bei diesem Versuche kann es unerwartet scheinen, daß da in den Theil der Röhre B C siedendes Wasser gegossen worden, das Thermometer T K doch nicht mehr als bis auf 20,8 Gr. stieg. Man begreift aber doch, daß die Wärme sich in einen über 4mal größern Raum vertheilen mußte, und daß während der Zeit auch viele Wärme in die Luft wegging. Auch giebt der Versuch, daß eben zur Zeit, wo das Thermometer T K sein Maximum erreichte, in B C nicht mehr volle 56 Grad Wärme waren. Diese 56 Grad sind nach dem Reaumur'schen Quecksilberthermometer nur 49 Grad. (§. 123.) Das Wasser in B C hatte demnach  $80 - 49 = 31$  Grad Wärme verloren. Wenn nun das Wasser in B F durchaus das Maximum der Wärme gehabt hätte, so würde es doch nur  $20,8 - 12,8 = 8$  Grad des Weingeistthermometers oder  $19,9 - 12,4 = 7,5$  Grad des Quecksilberthermometers gehabt haben. Nun verhält sich der Raum B C zum Raum B F, wie 3 zu 10. Also werden zu diesen 7,5 Graden Wärme in B F,  $\frac{10}{3} \cdot 7,5 = 25$  Grad Wärme in B C erfordert. Demnach sind von den 31 Graden, so das Wasser in B C in den ersten 9 Minuten verloren, wenigstens 25 Grad in das Wasser B F hinüber gegangen. Ich sage wenigstens. Denn vor der übergangenen Wärme gieng inzwischen auch etwas in die Luft weg, so daß also wirklich etwas mehr als die 7,5 Gr. müssen in B F gewesen seyn.

## §. 403.

Den 12ten April 1777. wiederholte ich den Versuch mit der Abänderung, daß ich in B f kein Wasser gosse, um zu sehen, wie das Thermometer T K steigen würde, nachdem in B c siedend Wasser gegossen worden. Dieses siedende Wasser konnte demnach das Thermometer nicht anders als mittelst der Erwärmung der Luft zwischen B K zum Steigen bringen. Und da die Röhre in g f offen blieb, so konnte die Wärme sich wenig aufhäufen. Da ferner die Wärme sich in der



Luft sehr schnell ansbreitet, so brauchte dieselbe vielleicht mehr Zeit durch die Scheidewand B D zu dringen, als den ganzen Raum B K zu durchlaufen. Ich sah also voraus, daß ich mittelst dieses Versuches die Geschwindigkeit der Wärme in der Luft nicht würde bestimmen können, weil die Länge B K viel zu geringe ist. (S. 394.) Es war mir aber auch mehr um die übrigen Umstände, und dann auch um den Grad der Wärme zu thun, den das Thermometer erreichen würde. Im Zimmer blieben Fenster und Thüren geschlossen, und ich blieb still vor dem Thermometer sitzen, damit die Luft in B k ganz still bliebe. Die beobachteten Grade sind nun folgende:

Zeit.		Grade.	Zeit.		Grade.	Zeit.		Grade.
St.	"		St.	"		St.	"	
0	11 0	16,85	0	18 0	19,4	0	28 0	20,9 +
	9	16,9		15	5		30	9 +
	30	16,95		30	6		29 0	95
	50	17,0		45	7		30	95
12	0	17,1	19	0	8		30 0	95
	15	17,2		15	9		30	95
	30	3		30	9 +		31 0	95
	45	4		45	9 +		32 0	95
13	0	5	20	0	19,95		33	9 +
	15	6		15	20,0		34	9
	30	65		30	05		35	85
	45	75		45	1		36	8 —
14	0	85	21	0	15		37	75
	15	17,9		15	2		38	65
	30	18,0		30	25		39	55
	45	1		45	3		40	50
15	0	2	22	0	4		41	4
	15	3		30	5		42	3 +
	30	5	23	0	6		43	20,3
	45	6		30	65	1	1	19,2
16	0	7	24	0	75		2	19,0
	15	8		30	8 +		3	18,9
	30	85	25	0	8 +		4	18,9
	45	18,93		30	8 +		42	17,6
17	0	19,0	26	0	8 +		47	17,4
	15	1		30	85	2	13	16,8
	30	2	27	0	85			
	45	19,25		30	9			



Nachdem das Thermometer bereits sein Maximum erreicht hatte, tauchte ich ein ander Thermometer in das Wasser, um zu sehen, wie viel Wärme es noch übrig behalten. Ich fand

Zeit.	Grade.
St. /	
0 33	50,0
42	43,0
1. 4	31,0
45	23,0
2. 13	20,0.

Die Luft im Zimmer hatte inzwischen ziemlich einerley Wärme behalten. Denn der Ofen erkältete und die Sonne wärmte, und so blieben die übrigen im Zimmer befindlichen Thermometer ohne merkliche Veränderung.

## §. 404.

Als ich für die erste Viertelstunde die Zeiten als Abscissen, die Grade des Thermometers über 16,8 als Ordinaten zeichnete, fand ich, daß die Endpuncten der Ordinaten in einer sich schlängelnd aufwärts ziehenden Linie lagen. Man kann dieses auch schon an den Zahlen sehen, weil sie etwas ungleichförmig und zuweilen fast gar nicht zunehmen. Dieses kann nicht wohl anders als dadurch erklärt werden, daß zwischen der warmen Luft im Cylinder und der kältern Luft, außer demselben, kein völliges Gleichgewicht statt findet, sondern die Luft darinn so circulirt, daß die kältere sich nach *f F E B* herunter zieht, während dem sich die wärmere nach *D H g* herauf bewegt.

## §. 405.

Das Thermometer erreichte sein Maximum später als im vorhergehenden Versuche. Hiezu trugen verschiedene Ursachen bey. Einmal ist desselben Erkältungs-Subtangente in der Luft 8 bis 10mal länger als im Wasser. Sodann erkältete hier das Wasser in *B D* langsamer, weil ganz umher nur Luft war. Von diesem Erkälten hängt nun aber das Maximum des Thermometers ab. Denn wenn auch die Wärme bliebe, so würde das Thermometer mehrere Minuten Zeit brauchen, sie zu erreichen. So aber erreichet es die anfängliche Wärme der Luft nicht, weil diese wieder erkältest.

## §. 406.

Sodann zeigt dieses Maximum für die Zeit, da es statt findet, nur die Wärme der Luft in *K* an. Diese ist aber nothwendig geringer als die Wärme der Luft bey der Scheidewand *B D* ist, und zwar wegen der einförmigsten Erkältung (§. 318. 319.), und dann aus eben den Gründen, wie bey der eisernen Stange (§. 327.) Sie nimmt also von *B D* an durch die ganze Länge des Canales logarithmisch ab, und ist oberhalb *g* wenig größer als die Wärme der äußern Luft.



Luft. Eine ähnliche Abnahme fand auch in dem vorbergehenden Versuche statt. Sie war aber unbeträchtlicher, weil die Wärme von der innern Wasserfläche GF größtentheils wieder zurückprallte.

---

## Fünftes Hauptstück.

### Bewegung der Wärme mit den Materien, worinn sie sich befindet.

§. 407.

Das Feuer, oder dessen Theilchen, sind selten, oder nie ganz allein. Sie hängen sich gern an andere Materien an, und besonders an solche, die Fette sind. Die Scheidekünstler, sondern das Feuer, oder ihr brennliches Wesen, Phlogiston, nur in Gedanken von den brennenden Materien ab, und zweifeln, ob man es jemals in der That und reinweg werde absondern können. Diese genaue Verbindung des Feuers mit andern Materien ist es nun, was dem irdischen Feuer eine etwas träge und grobe Natur giebt, und machet, daß es nur langsam in die Körper eindringet, und größtentheils von denselben zurückgeworfen wird, auch wenn es einmal in den Körpern ist, langsam aus denselben wieder weggeht. Die helle Gluth in einem verlöschenden Funken, ist das letzte und vielleicht das reinste Feuer, so aus demselben weggeht. Hingegen ist in der hellsten lichterlohe brennenden Flamme ein dichter Rauch und Ruß, der an die darüber gehaltene Körper sich desto mehr anlegt, je fetter der brennende Körper ist. Die Luft scheint ebenfalls Materien zu enthalten, welche dem Feuer zur Nahrung dienen, da es mit dem Brennen im luftleeren Raume schlecht aussteht.

§. 408.

Man hat sich dieser Umstände längst schon bedient, das Feuer nach Belieben und Erforderniß zu leiten, wohin man es haben will, und zwar bloß dadurch, daß man der Luft den gehörigen Zug verschaffet. Mehrentheils geschieht es um dem Rauche einen Ausgang zu verschaffen, indem man demselben durch Schorsteine den Weg bahnet. Und da mit dem Rauche immer noch viele Hitze weggeht, so hat man bey Einrichtung der Stubenöfen Bedacht darauf genommen, die Flamme und den Rauch in denselben durch mehrere Gänge durchzuführen, damit die Hitze an mehreren Seiten anschlage und dem Zimmer zu gute komme. Man hat sogar in den unter sich treibenden Ofen die Flamme gezwungen, abwärts zu steigen und ihren Rauch noch besser zu verbrennen. Und endlich, wo der bloße Druck und Zug der Luft nicht stark genug war, ist man mit Blasebälgen zu Hülfe gekommen; so wie man hinwiederum in den Reverberir: Ofen darauf ge-



sehen hat, daß die Flamme durch das Zurückprallen die Oberfläche des untergelegten Metalles oder andern Körpers treffen möge. Zurweilen hat man auch ein Feuer durch das andere angeblasen, um den Zug desselben noch mehr zu verstärken.

## §. 409.

Man sieht ohne Mühe, daß in allen diesen Fällen die Bewegung der Wärme kaum anders in Betrachtung kommt, als sofern sich die Luft bewegt, und daß eigentlich die Wärme nur als die Ursache von der Bewegung der Luft hier zu erwägen ist. Sie verzehrt die Luft, oder wenigstens das Brennbare in derselben, und macht sie dadurch, so wie auch durch die Ausdehnung, dünner und leichter. Die hieher gehörigen Untersuchungen sind demnach mehr hydraulisch als pyrometrisch, und wenn z. E. bey dem Zurückprallen der Ein- und Rückfallswinkel vorkommt, so kann dieses nicht mit der Genauigkeit geschehen, die bey dem Lichte statt hat, sondern nur so, wie es bey dem Winde und dem Wasser statt findet. Die Flamme brennt eben nicht geradelinigt auf, und wenn sie irgend anschlägt, so wölbet sie sich im Zurückprallen mit einer sehr sichtbaren Randung. Die Lichtstrahlen hindern einander nicht, und so geht jeder seinen Weg, wie wenn er ganz allein wäre. Dieses verhält sich bey der Flamme anders. Sie muß als eine flüssige Materie angesehen werden, die nach den Wendungen, die man ihr giebt, fortströmet, und wo der Ein- und Rückfallswinkel nur dient, um überhaupt ihre Richtung zu bestimmen. Sofern aber die Feuertheilchen sich von der Flamme, so wie auch von der Gluth losmachen, fahren sie in ziemlich gerader Richtung durch die Luft, und da kommt dann der Ein- und Rückfallswinkel genauer vor, wie man es an dem oben (§. 379 — 381.) beschriebenen Versuche mit den Brennsiegeln sehen kann.

## §. 410.

Wenn man demnach nicht nur die Flammen, sondern auch diese seitwärts von derselben, und der Gluth wegfahrende Feuertheilchen in einen engeren Raum zusammen zu bringen, und dadurch die Hitze verstärken will, so kommt der Ein- und Rückfallswinkel aus beyden Gründen in Betrachtung, und hat den widersinnig-scheinenden Erfolg, daß man den Raum um die Flamme und das Feuer herum

20. Figur. Anfangs erweitern muß, ehe man ihn enger zusammenzieht. Man sehe das Feuer brenne auf A B, und man wolle den Ofen nach den Linien A D, B C verengern, damit die Flamme und alle Hitze in D C zusammenkomme, so wird zwar die Flamme, weil sie immer nach der Höhe steigt, in D C kommen, hingegen wird man in Ansehung der seitwärts ausfahrenden Feuertheilchen seines Zweckes größtentheils verfehlen. Denn so z. E. treffen die aus P nach M fahrenden Feuertheilchen in M senkrecht auf, und prellen wiederum nach M zurück. Auch die nach P N ausfahrenden Feuertheilchen, prellen nach Q und von Q wieder zurück.



## §. 411.

Die Theorie solcher Zurückprallungen ist mit der catoptrischen einerley. Sieht <sup>21. Figur.</sup> man z. E. dem Ofen die Gestalt  $A F E D C B$ , so daß die Hitze des auf  $A B$  brennenden Feuers, und dessen Flamme, so viel möglich, in den engen Raum  $E D$  zusammenkommen soll, so müssen die Seiten  $A F$ ,  $F E$ ,  $B C$ ,  $C D$  als Spiegel angesehen werden. Nun haben die Planspiegel die Eigenschaft, daß das Bild des Feuers eben so weit hinter denselben ist, als das Feuer vor denselben steht, und daß die Stralen nach solchen Richtungen von denselben zurück fallen, als wenn sie aus dem Bilde herkämen. Selbst das Bild in dem einen Spiegel hat sein Nachbild in dem andern, und eben so lassen sich zweyte, dritte u. Nachbilder gedenken.

## §. 412.

Auf diese Art sind demnach  $A b$ ,  $A' B'$ ,  $B a$ ,  $B'' A''$  die Bilder des Feuers hinter den Spiegeln  $A F$ ,  $F E$ ,  $B C$ ,  $C D$ . Ferner ist  $b a$  das Nachbild des Bildes  $B a$ , und  $a \beta$  das Nachbild des Bildes  $A b$ . Und eben solche Nachbilder sind  $B' a'$ ,  $b' a'$ ,  $B'' a''$ ,  $A'' b''$ . Endlich sind  $a' \beta'$ ,  $b' a'$ ,  $b'' a''$ ,  $a'' \beta''$  zweyte Nachbilder, nemlich Nachbilder von den Nachbildern  $b a$ ,  $a \beta$ . Weiter war es unnöthig, Nachbilder zu zeichnen, weil die Wärme nach zweymaligem Zurückprallen schon sehr geschwächt ist (§. 383.), und weil, wenn die Feuertheilchen nach dem Zurückprallen in die Flamme treffen, sie von derselben mit fortgerissen werden, besonders, wenn obnehin schon ihre Richtung aufwärts geht.

## §. 413.

Man setze nun, daß von einem beliebigen Punct  $P$  Feuertheilchen nach  $R$  ausfahren, so prallen sie von  $R$  zurück als kämen sie aus dem Bilde  $\omega$  des Puncts  $P$ . Eben so werden die aus  $P$  nach  $M$  fahrende Feuertheilchen den Weg  $M N Q$  nehmen, als wenn sie aus dem Bilde  $p$  und dessen Nachbilde  $\pi$  herkämen. Die Einfallswinkel, besonders der gerade auffallenden Stralen sind bey dieser Figur größtentheils sehr schiefe, und dieses trägt dazu bey, daß destomehr Wärme zurückprallt, und der Hitze, die man in  $E D$  verstärkt erhalten will, zu gute kömmt. So viel man aus allen zwischen  $E D$  liegenden Puncten Linien nach dem Feuer in  $A B$ , dessen Bildern  $A b$ ,  $B a$ ,  $A' B'$ ,  $B'' A''$ , und deren Nachbildern ziehen kann, nach eben so vielen Richtungen kömmt auch Wärme in  $E D$ . Nur geben die Bilder weniger als das Feuer selbst, und die Nachbilder weniger als die Bilder. Die Summe wird aber dessen ungeachtet beträchtlich, zumal da auch die Flamme, so an  $F E$ ,  $C D$  anschlägt, sich ganz in  $E D$  zusammenzieht. Ründet man übrigens die Ecken in  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$ ,  $E$ ,  $F$  etwas ab, so sieht man, daß die Figur ensörmig wird, und mit der ellyptrischen Wölbung viele Aehnlichkeit erhält.



S. 414.

Da man aus diesen Gründen selbst in denen Fällen, wo man die Hitze in einen engern Raum vereinigen will, derselben Anfangs mehr Raum geben muß, so wird dieses um desto nothwendiger, wo man sie wirklich verbreiten will, wie es z. E. in den Caminen geschieht, wo die Hitze des Feuers sich durch das Zimmer

12. Figur. verbreiten soll. Gauger in seiner *Mechanique du feu* schlägt daher mit gutem Rechte vor, daß man dem Heerde der Camine nicht die rechtwinklige Figur a B C d, sondern die gegen das Zimmer erweiterte A B C D geben soll. Wenn er übrigens sagt, es würde gut seyn, den Seiten A B, D C eine parabolische Wendung zu geben, so ist dieses ein sehr unerheblicher Umstand. Die Wände werden eben nicht spiegelglatt gemacht, und der Brennpunct der Parabel ist ein einzelner Punct, da hingegen das Feuer gewöhnlich auf der ganzen Länge B C brennet. Man behält übrigens die Wahl, die Ecken in B, C etwas abzurunden. Der Hauptfehler der Camine ist übrigens, daß die meiste Hitze durch den Schornstein aufwärts geht, und dem Zimmer nur nützet, wenn man die Flamme und den Rauch aus dem Camin in einen über demselben stehenden Ofen leitet, und die zum Anblasen des Feuers nöthige Luft durch eine unter dem Boden des Zimmers gehende Röhre, von außen her, in das Camin leitet.

S. 415.

Von der Leitung der Wärme in andern flüssigen Materien ist mir sürnemlich der Fall bekannt, da zu Pfeffers, in der Schweiz, das natürlich warme Mineralwasser von der Quelle bis zum Badhause in hölzernen Röhren 500 bis 600 Schritte weit geleitet wird. Da dieses Wasser in der Quelle die Wärme des menschlichen Blutes hat, und daher so, wie es ist, zum Trinken und Baden gebraucht werden kann, ohne daß es besonders müßte gewärmt werden, so war sürnemlich zu hindern, daß es in dem langen Canal, durch den es nach dem Badhause geleitet wird, unterwegs so wenig als möglich ist, von seiner Wärme verliere. Daß zu diesem Ende der Canal geschlossen und das Holz der Röhre dicke seyn mußte, versteht sich von selbst. Die Erkältungs:Subtangente wird aus beyden Gründen größer. Das Hauptwerk kömmt aber darauf an, daß das Wasser so geschwinde, als immer möglich ist, durch den Canal fließe. Denn je weniger es sich in demselben aufhält, desto weniger hat es Zeit zum Erkälten. Auf die Kürze der Zeit kömmt hier alles an. Die Quelle giebt in jeder Minute 240 Cubicfuß Wasser, wovon aber nur 180 in die Röhre geleitet werden, weil man nicht mehr gebraucht. Die äußere Breite der Röhre ist 1 Fuß, die Höhe 8 Zoll. Die innere Breite aber 10 Zoll und die Tiefe 5 Zoll. Die Geschwindigkeit des Wassers beträgt 8 Fuß in einer Secunde Zeit. Das Wasser gebraucht demnach ungefähr  $2\frac{1}{2}$  Minute Zeit von der Quelle bis nach dem Badhause zu kommen. Die Erkältungs:Subtangente mag nach einem beyläufigen Ueberschlage von etwa



20 Minuten seyn. Nun ist das Wasser im Sommer etwa 16 Reaumur'sche Grade wärmer als die äußere Luft. Daher haben wir die Regel detri

$$20: 2\frac{1}{2} = 16: 2.$$

welche angiebt, daß das Wasser unterweges 2 Grade von der Wärme verlieret, die es in der Quelle hat. Wirklich angestellte Versuche stimmen damit überein, und daraus folgt, daß, wenn die Erkältungs-Subtangente größer seyn sollte als hier angenommen worden, die Geschwindigkeit kleiner genommen werden müßte, und hinwiederum diese größer, wenn jene sollte kleiner seyn. Der Zufluß des Wassers ist übrigens auch nicht alle Jahre gleich groß, noch die äußere Luft immer gleich warm. Ich habe ihre Wärme im Sommer nur auf 14 bis 16 Grade gesetzt, weil das Bad in einem Thale oder sogenannten Tobel liegt, wo die Sonne kaum eine Stunde lang hin scheint.

## Sechstes Hauptstück.

### Das Aufsteigen der Wärme.

§. 416.

Sofern die Wärme die flüssigen Materien ausdehnt, macht sie dieselben leichter, und nöthiget sie zum Aufwärtssteigen. Dieses geschieht z. E. bey dem siedenden Wasser, weil das Wasser, so ganz unten im Topfe oder Kessel ist, zuerst und unmittelbar erwärmt wird. Ueberdies macht die Erwärmung, daß die Luft aus den Zwischenräumen des Wassers herausgeht, und in Form von kleinen Bläschen in die Höhe steigt. Bey stark siedendem Wasser macht wohl auch die Wärme sich selbst Raum, und dringet in großen Blasen, die weniger Luft als Dünste enthalten, aufwärts. Das Aufwallen des siedenden Wassers entsteht eben daher.

§. 417.

Ein solches Aufsteigen der Wärme bemerkt man auch in festen Körpern. Wird das Ende einer eisernen Stange horizontal ins Feuer gelegt, so ist die Subtangente (§. 327.) kürzer, als wenn die Stange an dem von dem Feuer weggekehrten Ende mehr erhoben wird. Ich habe indessen bey dem oben (§. 336.) gebrauchten Drat den Unterschied nicht sehr groß gefunden. Denn als ich den 17ten April 1777. das eine Ende desselben in eben das Lampenlicht hielt, so daß der Drat mit dem Horizonte einen Winkel von 43 Graden bildete, fand ich, daß Wachs höchstens um zwey Dratdiameter weiter von dem Lichte stieß, und demnach die Subtangente nur um  $\frac{1}{4}$  Theil länger wurde, als wenn der Drat horizontal lag. Dieser Unterschied würde größer seyn, wenn ich den Drat lothrecht über



das Licht gehalten hätte. Es würde aber alsdann die vom Lichte aufsteigende Hitze viel dazu beigetragen haben. Dieses aber sollte vermieden werden.

S. 418.

Bei der Luft hat hingegen das Aufsteigen der Wärme mehr auf sich, und machet, daß des Winters die Luft an der Decke der Stuben um einige Grade wärmer ist als am Boden. Ich habe, um den Unterschied durch Beobachtungen zu bestimmen, den 23ten Hornung 1777 Vormittags um 10 Uhr, ein Thermometer dem Ofen und dem Fenster gegen über an Boden gelegt, und fünf andere Thermometer an eine Latte gebunden, so daß, als ich die Latte eben dahin stellte, die Kugeln der Thermometer 2, 4, 6, 8, 10 Fuß über den Boden erhöht waren. Ein Viertel nach 12 Uhr fand ich, daß sie

in der Höhe von	0	2	4	6	8	10 Fuß.
bey den Graden	11, 4	12, 2	14, 6	15, 8	15, 7	16, 7 —
Und um halb 3 Uhr						
bey den Graden	11, 5	12, 0	13, 2	14, 6	14, 4	15, 3 —

Stunden. Es war den Tag über Thauwetter, so, daß das Thermometer, vor dem Fenster nach Nordwest zu, beim Frierpunct war. Ich hatte diese Thermometer mehrere Tage so gelassen, und fand, daß die in der mittlern Höhe nicht immer nach dem Maas ihrer Höhe größere Wärme anzeigten. Der Zug der Luft, die Bewegung derselben, das Zurückprallen der vom Ofen ausfahrenden Wärme sind Gründe genug für solche Ungleichheiten. Ich habe ähnliche Ungleichheiten gefunden, als ich vier Thermometer in ein Glas stellte, und nur so viel Wasser dar ein goß, daß die auf dem Boden stehende Kugeln bedeckt wurden. Das Glas war cylindrisch von 3 Zoll Durchmesser und 4 Zoll Höhe. Ich beobachtete sie den 16ten April 1777. des Morgens bis Mittag bey hellem Wetter, gewärmtem Zimmer und offenem Fenster auf dem Tische am Schatten zu verschiedenen malen, und sie zeigten

	I	II	III	IV
Um 7 Uhr.	13, 2	13, 2	13, 6	13, 5
— 8 Uhr.	13, 7	13, 8	13, 8	13, 9
— 9 Uhr.	13, 3	13, 3	13, 6	13, 8
— 10 Uhr.	13, 9	14, 0	14, 0	14, 2
— 11 Uhr.	13, 6	13, 8	13, 7	14, 1
— 12 Uhr.	13, 6	13, 9	13, 8	14, 1

Ich sahe daraus, daß es in der Verbreitung der Wärme im Wasser kleine Ungleichheiten giebt, die zwar nicht über  $\frac{1}{2}$  Grad gehen, indessen aber doch merklich



genug sind, um den Gang der Thermometer ungleich zu machen. Die Durchmesser der Kugeln waren von 8, 7,  $5\frac{1}{2}$  und  $9\frac{3}{4}$  Linien Rheintl. und die Erkältungs-Subtrahenten sind in gleicher Verhältniß ungleich. Da aber die größte nicht über eine Minute beträgt, so konnte von daher keine merkliche Ungleichheit im Steigen und Fallen entstehen.

## S. 419.

Bei dem Aufsteigen der Wärme in der Luft hat man sehr darauf zu sehen, ob die Feuertheilchen mit andern Materien verbunden, wie z. E. in der Flamme, dem Rauche, den Dünsten zc. empor steigen. Es hat dieses einen starken Einfluß auf ihre Geschwindigkeit. Die Kraft, womit die Flamme in die Höhe steigt, ist nicht sehr groß. Man blase mit mäßiger Stärke durch eine Röhre  $BA$  gegen die Flamme  $CD$  eines Lichtes nach der Richtung  $ACF$ , so wird die Flamme die Figur  $CE$  annehmen, und desto mehr von der Richtung  $CF$  aufwärts nach  $CE$  gehen, je schwächer man bläst.  $CF$  wird die Kraft des Blasens und  $EF$  die Kraft seyn, womit die Flamme aufwärts strebet.  $EF$  ist hiebei, wenn man ein wenig stark bläset, gegen  $CF$  verglichen, sehr kleine. Je mehr übrigens die Flamme  $CE$  beim schwächern Blasen aufwärts geht, desto kürzer wird sie, und man muß schon mit einem, wiewohl geringen Grad von Stärke blasen, wenn man auch nur hindern will, daß nichts davon nach  $D$  empor steige. Es kommt aber hiebei nicht auf die Länge  $CE$ , sondern auf den Winkel  $ECF$  oder das Verhältniß  $CF:FE$  an, weil dieses eigentlich das Verhältniß der Kräfte ist. Die veränderliche Dichte, Schwere und Wärme der Luft kann hiebei verschiedenes ändern.

## S. 420.

Die Flamme ist als ein flüssiger Körper anzusehen, der leichter als die Luft ist, und mit genug Kraft in die Höhe steigt, um die Rauch- und Rußtheilchen mit sich fortzureißen. Die Luft dichte an der Flamme wird durch ihre Hitze etwa 4mal dünner. Denn die Flamme hat genug Hitze, um einen dünnen Eisendraht glühend zu machen. Durch diese dünnere Luft steigt die Flamme. Ihre besondere Schwere muß demnach über 4mal geringer seyn als die von der Luft. Wenn ich mich recht entsinne, hat man unter der Glocke einer Luftpumpe bei dem Auspumpen der Luft gesehen, daß die Flamme sich von dem Dachte losmachet und in die Höhe steigt, endlich aber bei fortgesetzten Auspumpen, und kurz vor dem Verlöschen anfängt, nieder zu sinken. Diesemnach schien sie schwerer als sehr verdünnte Luft zu seyn. Diese Schwere rührt aber mehr von den Rauch- und Rußtheilchen als von dem eigentlich brennlichen Wesen (S. 407.) her, welches sich endlich von diesen Theilchen beim Erkälten derselben losmachet, und ungleich schnell in die Höhe steigt.



S. 421.

Ein solches Aufsteigen der Wärme geht nun in der Luft beständig vor. Denn die Wärme, so die Erde das ganze Jahr durch von der Sonne erhält, geht auch wieder in die Luft hinauf, weil die Erde immer aufs Neue der Sonnenwärme bedarf, um nicht immer kälter zu werden. Sofern nun das Aufsteigen der Wärme von ihrer geringern Schwere herrührt, wird ihre Geschwindigkeit im Aufsteigen immer größer. Dieses macht, daß die Feuertheilchen, die im Aufsteigen aufeinander folgen, immer mehr von einander entfernt werden, ungefähr eben so, wie wenn man z. E. von  $\frac{1}{10}$  zu  $\frac{1}{10}$  Secunde eine Kugel fallen läßt. Ihre Entfernungen werden, wie die Zahlen 1, 3, 5, 7 &c. zunehmen. Aus diesem Grunde aber wird die Dichtigkeit der Feuertheilchen in der obern Luft, und mit derselben auch die Wärme geringer. In einer Abhandlung über die Dichtigkeit der Luft, die sich in den Mem. de l'Acad. R. de Berlin 1772. befindet, habe ich aus diesen und andern Betrachtungen gefunden, daß die daherrührende Verminderung der Wärme ganz oben in der Luft  $\frac{1}{17}$  Theil betragen kann, oder daß die Wärme von unten bis ganz oben, wie 17 zu 12 abnimmt, und wenn x in französischen Klafftern oder Toisen eine jede Höhe über dem Meere oder der Erdofläche, c die Wärme daselbst, und C die am Meere oder an der Erdofläche vorstellt, und  $\theta = 4200$  Toisen gesetzt wird, sodann

$$\frac{C}{c} = \frac{17}{12} - \frac{5}{12} \cdot e^{-x:\theta}$$

ist. Hier werden C, c durch Grade des Lustthermometers ausgedrückt. Und man erhält die Werthe

x: $\theta$ .	c: C	x Toisen.
0,0	1,0000	0
0,1	0,9618	420
0,2	0,9298	1840
0,3	0,9025	1260
0,4	0,8792	1680
0,5	0,8591	2100
0,6	0,8410	2520
0,8	0,8134	3360
1,0	0,7915	4200
1,5	0,7555	6300
2,0	0,7351	8400
&c.		



So z. E., wenn in Peru am Meere die größte Wärme = 1125 Gr. des Luftthermometers ist, so nimmt dieselbe in der Höhe von 2520 Lachtern, wie 1,0000 zu 0,8410 ab, und ist demnach nur = 946 Gr. des Luftthermometers. Nun ist die Höhe von 2520 Lachtern um 100 Lachter über der untern Grenze des nie schmelzenden Schnees auf den peruvianischen Gebürgen. Und demnach kann die Luft daselbst sehr wohl 54 Grad kälter seyn als der Frierpunct 1000.

## §. 422.

Die Geschwindigkeit, mit welcher die Feuertheilchen, die sich von den warmen oder auch brennenden Materien losmachen, von denselben wegfahren, wird wohl nicht geringer seyn als diejenige, womit die Luft in einen luftleeren Raum eindringet. Denn letztere hänget von der Schnellkraft der Luft ab, und diese ist mit der Schnellkraft der Wärme im Gleichgewichte. (§. 47.) Wenn aber die Feuertheilchen dichtere Materien mit sich fortreißen, so wird sowohl wegen der größern Masse als auch wegen des Widerstandes der Luft die Geschwindigkeit geringer. Sollte hingegen das eigentlich reine Feuer mit dem Lichte einerley seyn, so wird demselben die Geschwindigkeit des Lichtes zukommen. Dieses findet nothwendig statt, sofern das Feuer oder andere erhitzte Körper wirklich leuchten. Man kann aber schließen, daß wenn z. E. eine glühende eiserne Kugel beim Erkälten aufhört zu leuchten, dieses nur sagen will, daß das Licht zu schwach werde, um empfindbar zu seyn. Denn am hellen Tage hört es auf zu leuchten, wenn es im Dunkeln noch Licht von sich giebt. Im Dunkeln ist aber der Augenstern mehr offen und das Auge selbst empfindlicher. Aus beyden Gründen kann demnach das Leuchten länger fort dauern.