VII.

Z U S A T Z

*zu den vorigen Versuchen, das Gesetz
betreffend, wornach die Wärme sich
durch feste Körper verbreitet,*

von

B I O T,

Mitgliede des Nationalinstituts,

*mitgetheilt vom Dr. FRIEDLÄNDER
in Paris.*

Herr Riot ist durch die Versuche des Grafen Rumford veranlaßt worden, sich gleichfalls mit der Verbreitung der Wärme zu beschäftigen, um zu versuchen, durch Hülfe von Erfahrungen und Berechnungen die Gesetze auszumitteln, nach welchen sich die Wärme in festen Körpern verbreitet.

Er nahm eine Eisenstange von 22 Decimètres Länge, und 5 Centimètres Dicke, und bog etwa 23 Centimètres des einen Endes in ein Knie, um es in eine beständige Quelle von Wärme tauchen zu können. In die Stange liefs er bis etwas über die Achse hinab, und in Entfernungen von beinahe 4 Decimètres 6 Löcher bohren, in die er Thermometer setzte, und die dann mit Quecksilber voll gegossen wurden. Zwei Fülse aus trockenem Holze trugen diesen Apparat. Nun tauchte er das

umgebogene Ende in Wasser, welches eine Wärme von 60° R. hatte, und das er durch eine untergestellte Lampe dauernd darin erhielt. Die Wasserdämpfe wurden abgehalten, die Stange zu berühren, im Zimmer wurde ein Zug erhalten, und die Veränderung in der Temperatur der Zimmerluft bemerkt. Man glaubt gewöhnlich, daß die Metalle schnelle Wärmeleiter sind, allein die Thermometer stiegen nur sehr langsam. Nachdem das umgebogene Ende der Stange 10 Stunden lang ununterbrochen in 60° R. Wärme war gehalten worden, war doch die Wärme nur erst bis zum zweiten Thermometer vorgedrungen, welches etwa 10 Decimètres von der Oberfläche des Wassers entfernt war, und auch das bewegte sich nur unmerklich.

Biot liefs hierauf die Löcher in Entfernungen von 1 Decimètre eins vom andern bohren, und tauchte das umgebogene Ende der Stange in Quecksilber, das er in einer Wärme von 82° R. erhielt. Dieser Versuch dauerte 5 Stunden lang. Drei Eleven beobachteten nach einer Secundenuhr den Gang der Thermometer von Minute zu Minute, bis die Wärmemesser nach 4 Stunden endlich still stehen blieben. Man liefs darauf alles noch eine Stunde länger stehen, um zu sehen, ob die Thermometer auch sicher nicht mehr höher stiegen; eine Vorsicht, die man nicht unterlassen darf, weil es oft lange dauert, bis sie zum völligen Stillstande kommen. Folgende Tabelle giebt die Resultate der Beobachtung. Die Temperatur der Luft

war 13° R., und die Zahlen in der Tabelle geben an, um wie viel höher die in der Eisenstange befindlichen Thermometer standen, je nachdem sie weiter von dem ins Quecksilber von 82° getauchten Ende der Stange entfernt waren.

Thermometer.	Stand derselben über der Lufttemperatur (13° R.)		
	beobachtet.	berechnet.	Differenz.
0	69° R.	$68,^{\circ}63$ R.	+ 0,37 R.
1	23,5	23,5	0
2	14	14,16	— 0,16
3	9	9	0
4	5,75	5,55	+ 0,2
5	3,75	3,45	+ 0,3
6	1,75	1,33	+ 0,42
7	1	0,51	+ 0,49
8	0		

Das 7te Thermometer war nur um 10 Decimètres von der Quelle der Wärme entfernt, und stieg nur um 1° ; die noch weiter entfernten blieben ganz unbeweglich. Also 12 Decimètres, (das ist, mehr als die Hälfte der Stange,) blieben in ihrer Temperatur unverändert. Das Erkalten der Stange geschah übrigens in demselben Verhältnisse; das erste Thermometer fiel nämlich am schnellsten; das mittlere bedurfte eine Stunde, ehe es merklich fiel; und so nach Verhältniß die andern.

Aus der dritten Reihe der Tabelle erseht man, daß Hr. Biot es versuchte, die Zunahme der Temperatur durch eine logarithmische Curve darzustellen, in welcher die Zunahme der Wärme

jedes Punkts die Ordinaten, die Entfernung der Punkte von der gemeinschaftlichen Quelle der Wärme die Abscissen abgeben. In diesem Falle wich die Beobachtung im Stande keines der Thermometer um mehr als $0^{\circ},5$ von der Rechnung ab. Aus der Gleichung der Curve liefs sich die Temperatur des Theils der Stange, der mit dem Quecksilber in Berührung, und also im Gleichgewichte war, berechnen; Biot fand, dafs das Thermometer an dieser Stelle wirklich nicht um $0^{\circ},4$ weniger zeigte. Auch konnte er nach diesem Gesetze beurtheilen, woher es käme, dafs die letzten Thermometer sich nicht bewegten. Denn als er die Temperatur, bis zu welcher das Ende der Stange erhöht werden müfste, um nach diesem Gesetze das letzte Thermometer um 1° steigen zu machen, berechnete, fand sich 23984° R., das heifst, eine 4 Mahl höhere Temperatur, als die, welche man nach Wedgwood der Eisenstange geben müfste, um sie zu schmelzen. Daher ist es physisch unmöglich, das Ende einer Eisenstange von 2,6 Mètres Länge um 1° durch die Erhitzung des andern Endes zu erwärmen, denn ehe das erste geschähe, würde sie an dem andern Ende zu schmelzen anfangen.

Um diese und ähnliche einzeln stehende Thatfachen durch eine Theorie in Zusammenhang zu bringen, geht Hr. Biot von dem Gesetze Newton's aus: dafs, wenn zwei Körper von verschiedener Temperatur in Berührung kommen, die Menge der Wärme, welche der wärmere dem kältern

in kurzer Zeit mittheilt, (wenn sonst nichts die Lage verändert,) dem Unterschiede ihrer Temperatur entspricht. — Dieses Gesetz Newton's, wobei Biot übrigens von aller chemischen Wirkung abstrahirt, ist, wie er bemerkt, von Richman durch Versuche bestätigt worden, und hat eben jetzt durch Graf Rumford ein neues Gewicht erhalten. Dr. Martin hat zwar Correctionen in diesem Geetze angegeben, allein er stützte sich dabei auf Musschenbroek's Versuche, denen nicht ganz zu trauen ist, weil dieser Physiker sich zum Messen der Wärme complicirter Pyrometer bediente, deren verschiedene Dilatation Unregelmäßigkeit verursachte. Die einfachste Art, zu experimentiren, ist die beste, und nach Hrn. Biot stimmten die Versuche fast mathematisch genau mit der Theorie überein.

In dem Zustande des Gleichgewichts, das heißt, wenn die Temperatur der Stange stillstehend geworden ist, steht die Zunahme der Wärme über die Lufttemperatur für jeden Zoll im Verhältnisse mit seiner Entfernung von der Wärmequelle, und mit dem Verluste, den er durch die Berührung der Luft und durchs Ausstrahlen erleidet, welcher Verlust der umgebenden Temperatur proportional ist. In dem Zustande der Bewegung, das heißt, wenn die Temperatur der Stange sich während jedes Augenblicks ändert, vermöge der Wärme, die jeder Punkt in seiner Lage hinzu erhält, und der Menge, die er durchs Ausstrahlen und

die Berührung mit der Luft verliert, ist dagegen die Temperatur der Quantität gleich, um welche die Temperatur in den Intervallen zunimmt.

Diesen Voraussetzungen entsprechend, berechnete Biot indess nur den ersten Fall, wo nämlich die Temperatur *stationär* wird; und Eisen- oder Kupferstangen von 7 Fufs (22 Decimètres) Länge waren hinlänglich lang, daß das letzte Thermometer sich nicht merklich bewegte. Ausser dem in der hier mitgetheilten Tabelle angegebenen Versuche, wo die Eisenstange in 82° heisses Quecksilber gestellt wurde, hat Hr. Biot den Versuch mit einer *Kupferstange* und Quecksilber, auch mit der Eisenstange und schmelzendem *Zinn* und *Blei* wiederholt. Stets betrug der Unterschied, den die Beobachtung und die Berechnung gaben, keinen $\frac{1}{2}$ Grad R.; und da die Abweichung zwischen beiden bald plus, bald minus ist, so sieht man wohl, daß der Fehler auf Seiten der Beobachtung seyn müsse. Eine Formel des Hrn. Laplace in der *Mécanique céleste* diente dem Verf. zur Berechnung, aber in diesen Berechnungen mögen wir ihm hier nicht folgen.

Die Wärmefortpflanzung und das Ausstrahlen blieben in einer Stange stets in demselben Verhältnisse; bei verschiedenen war es etwas verschieden. Die Cohäsion, der Einfluß der hölzernen Füße, die Regelmäßigkeit der Eisenstange, die Dicke und Gestalt, so wie die Politur und andere Umstände, welche die Versuche lehren, und die in den

Instrumenten liegen, werden, wenn man sie in Anschlag bringen wird, die Resultate der Berechnung der Wärmefortpflanzung, in Vergleich mit den Versuchen, den Beobachtungen noch näher bringen.

Der Verf. macht von diesem allen eine sehr sinnreiche Anwendung. Jedermann kennt die Schwierigkeit, große Wärmegrade durch das Pyrometer zu messen. Schon wenn das Quecksilber sich dem Siedepunkte nur nähert, wird die Ausdehnung desselben nach de Luc ungleich. Newton wollte das Gesetz des Erkaltens der Körper in der Luft zum Maassstabe brauchen, um große Wärmegrade zu bestimmen, und Richmann suchte das durch Versuche auszuführen. Allein es ist schwer, den Punkt zu bestimmen, wenn Körper anfangen fest zu werden, und der mindeste Unterschied der Zeit veranlaßt einen großen Rechnungsfehler. So setzt Newton z. B. die Temperatur des schmelzenden Bleies auf 225° R., statt, wie der Verf. es beweist, sie nur 210° ist. Diese Fehler können indessen nur unbedeutend werden, wenn ein Newton rechnet, und stehen in keinem Vergleiche mit den Fehlern der Metallpyrometer.

Wendete man das geometrische Gesetz, nach welchem die Wärme in einer Metallstange, wenn man von einem constanten Wärmebehälter ausgeht, abnimmt, zur Bestimmung hoher Wärmegrade an; so dürfte man nur die Temperatur einiger Punkte

auf der Stange, und die Entfernung von der Wärmequelle wissen, um die Wärme der letztern zu bestimmen. Diesen Versuch könnte man mit mehreren Thermometern wiederholen, und wenn die Resultate etwas verschieden ausfielen, aus ihnen das arithmetische Mittel nehmen; doch müßte man vielleicht dem Thermometer, das der Wärmequelle näher ist, mehr Zuverlässigkeit zutrauen. Wenn der Unterschied nicht $0^{\circ},5$ Reaum. beträgt, so kann man das Resultat der Berechnung als die wahre Temperatur der Wärmequelle ansehen.

Nach dieser Methode fand Hr. Biot, indem er sich einer Eisenstange bediente, die Temperatur des schmelzenden Bleies $206^{\circ},4$ R., und wenn er sich der Kupferstange bediente, (die schneller leitete,) $210^{\circ},8$ R. Da hier der Unterschied sehr geringe ist, so kömmt der so bestimmte Schmelzgrad des Bleies der Wahrheit wohl sehr nahe. Auf ähnliche Weise hat Hrr. Biot die Wärme des schmelzenden Zinnes zu bestimmen gesucht; so viel sich nach der Untersuchung mit der bloßen Eisenstange ausmachen läßt, war der Schmelzpunkt desselben dem von Newton aufgefundenen, nämlich 168° R., ziemlich gleich. [Vergl. oben S. 212.]

Mehrere Tabellen und Berechnungen, welche der trefflichen Abhandlung beigelegt sind, dienen dem aufgestellten Gesetze zur Bestätigung.

Friedländer.