III.

NACHRICHT

von den neuesten Versuchen des Grafen

RUMFORD über die strahlende Wärme;

mitgetheilt

vom

Dr. FRIEDLÄNDER

in Paris.

(Aus einem Briefe des Herrn Dr. Friedländer, Paris
den 4ten März 1804)

„Der Graf Rumford hat in den letzten Sitzungen des Nationalinstituts eine Beschreibung seines neuen Thermokops und eine Nachricht von den Versuchen, die er mit demselben angestellt hat, dem Institute mitgetheilt. Von beiden dürften Sie die Leser Ihrer Annalen vielleicht nicht ungerne unterhalten sehn. Der besondern Güte des Präsidenten und der Secretäre des Instituts, so wie des Grafen Rumford selbst, verdanke ich die Mittheilung der Originalabhandlung, aus welcher ich Ihnen hierbei den vollständigsten Auszug zu übersenden die Ehre habe. Die Darstellung der sehr einfachen Versuche selbst litt keine Schwierigkeit; wo aber der berühmte Verf. seine Conjecturen und Theorien vortrug, habe ich ihn fast wörtlich übersetzt. Der erste Theil der Abhandlung ist bereits vor mehrern Monaten der königl. Societat der Wissenschaften in London mitgetheilt worden, und wird, wenn ich nicht irre, nachstens in der *Bibliothèque britannique* in einer Uebersetzung erscheinen. Der zweite Theil ist dem Institute übergeben, und die Versuche mit den Instru-

menten, welche der Verf. zu dem Ende aus München kommen liefs, sind in demselben wiederhohlt worden. Sie bestätigten sich alle; nur erfordern sie wegen ihrer Feinheit grofse Behutsamkeit, und müssen, weil die dazu gebrauchten Thermometer so äufserst empfindlich sind, in einem grofsen Zimmer und nur in Gegenwart sehr weniger Menschen angestellt werden.“

Das Thermoskop, dessen sich der Graf Rumford bei seinen Versuchen bedient, ist ein äufserst empfindliches Luftthermometer, welches die kleinsten Veränderungen der Temperatur anzeigt. Es besteht aus einer horizontalen Glasröhre mit zwei gerade in die Höhe steigenden Armen, an deren Enden sich zwei dünne Glaskugeln befinden. Die horizontale Röhre ist 15 bis 16 Zoll, und jede der beiden senkrechten Röhren 6 bis 7 Zoll lang. Der Durchmesser der Röhren beträgt $\frac{1}{2}$ Linie, und der Durchmesser der Kugeln $1\frac{1}{2}$ bis $1\frac{1}{4}$ Zoll. Durch eine kleine Röhre, oder einen zolllangen Trichter, welcher an einem der Arme angeblasen ist, giefst man gerade so viel gefärbten Weingeist, als dieser enthalten kann, in das Instrument, und verschliesst es alsdann hermetisch, so dafs zwischen der innerhalb und aufserhalb befindlichen Luft keine Gemeinschaft mehr Statt findet. Man sucht alsdann den Weingeisttropfen, der in der schmalen Röhre wie ein kleiner Cylinder erscheint, so viel als möglich in die Mitte der horizontalen Röhre zu bringen. Dieses bewirkt man nicht ohne Schwierigkeit und Zeitaufwand. Ist aber alsdann die Luft in beiden Ku-

geln gleichmäßig erwärmt, so befindet sich das Instrument im Zustande der Ruhe.

Nun bringt man zwischen den beiden Kugeln einen Schirm an, so daß man eine derselben ohne die andere erwärmen kann. Geschieht dieses, so bewegt sich der Weingeisttropfen von der erwärmten Kugel ab, nach der andern hin; erkältet man sie dagegen, so nähert er sich ihr, und die Geschwindigkeit, mit der dieses Entfernen und Annähern geschieht, steht im Verhältnisse mit der Intensität der strahlenden Wärme oder Kälte des Körpers, den man der Kugel genähert hat.

Will man die Intensität der ausstrahlenden erwärmenden oder erkältenden Wirkung *) zweier verschiedenartigen Körper vergleichen, so stellt man den einen in einer gegebenen Entfernung von der einen Kugel, und dann den andern in einem solchen Abstände von der zweiten Kugel, daß der

*) Der Herr Graf spricht in dieser ganzen Abhandlung stets von ausstrahlender Kälte. Wenn der Leser auch nicht die Nothwendigkeit einer solchen Annahme einsehen, und die Phänomene von dem Entziehen der Wärme zu erklären geneigt seyn sollte, so hat dieses doch auf die Versuche weiter keinen Bezug, und es kann zur Bequemlichkeit derselben hier, (wie bei der Electricität,) sein Gutes haben, zwei Materien, einen kalt machenden Stoff und einen Wärmestoff, für einen Augenblick anzunehmen, wie der Verfasser, wie sich aus Folgendem ergiebt, wirklich thut. *Erdkr.*

Weingeisttropfen unverrückt an seiner Stelle stehn bleibt. Berechnet man nun die Oberfläche dieser Körper und die Entfernung jedes derselben von der ihm zugekehrten Kugel des Instruments, so läßt sich, wie man einseht, die Intensität der ausstrahlenden Wärme eines jeden derselben finden.

Will man die Intensität der ausstrahlenden *Wärme* eines Körpers mit der Intensität der Wirkung eines gleichartigen *kalten* vergleichen, so bringt man eine der Kugeln des Instruments hinter den Schirm, nähert dann beide Körper der andern Kugel, und rückt sie in solchen Entfernungen von derselben, daß die gleichzeitigen Wirkungen derselben auf die Kugel sich aufheben, und sie von einem Körper so viel erwärmt, als von dem andern erkältet wird, da dann der Weingeisttropfen in Ruhe bleibt. Die Intensität des Ausstrahlens beider Körper läßt sich aus der Gröfse ihrer Oberfläche und aus ihrer Entfernung von der Kugel des Instruments berechnen.

Das Thermoskop ist so empfindlich, daß bei einer Temperatur von 15 bis 16° R. das Ausstrahlen der Wärme der Hand, die man der Kugel desselben entgegen hält, schon in der Entfernung von 5 Fuß den Weingeisttropfen in Bewegung setzt. Eine Metallscheibe von 4 Zoll im Durchmesser, die über einem Wachlichte geschwärzt worden, und bis zum Froßpunkte erkältet war, wirkte eben so schnell auf den Tropfen in einer Entfernung von 18 Zoll, und machte, daß er sich ihr näherte.

Durch seine Versuche mit diesem empfindlichen Instrumente glaubt Graf Rumford sich überzeugt zu haben, daß sich von allen Körpern beständig wellenförmige Strahlungen, (*ondulations*;) nach allen Richtungen von ihrer Oberfläche ab, in Bewegung setzen, welche sich mit den Schwingungen des Schalles vergleichen lassen, und durch die nach und nach die Temperatur der Körper, auf welche sie stoßen, geändert wird, ohne daß sie von den getroffenen Körpern, wenn diese wärmer oder minder warm als der Körper, von welchem die Schwingungen ausgehen, reflectirt werden.

Die Intensität dieses Ausstrahlens ist bei verschiedenen Körpern, die sich in gleicher Temperatur befinden, sehr verschieden. Sie ist geringer in *polirten* als in *unpolirten* Körpern; die Oberfläche des oxydirten Kupfers strahlt z. B. die Wärme und Kälte 10 Mal, und das an einer Wachskerze geschwärzte Kupfer 18 Mal stärker aus, als das blanke und gut polirte Kupfer.

Dieselben wellenförmig ausströmenden Strahlen sind übrigens, wenn sie auf wärmere Körper stoßen, *erhaltend*, und wenn sie auf Körper von minderer Temperatur stoßen, *erwärmend*, woraus der Verfasser den Schluß zieht: „daß dieselben „Körper, welche, wenn sie von kältern Körpern, „als sie sind, umgeben werden, Wärme ausstrahlen, im entgegen gesetzten Falle Kälte (*emanations frigorisques*) ausströmen müssen.“ Und

dieses sucht er noch durch folgende Versuche zu bekräftigen.

Zwei Metallscheiben von gleichem Durchmesser, deren eine in eine Temperatur von 0, die andere von 40° R. versetzt war, wurden bei einer Lufttemperatur von 20° in gleichen Entfernungen von der einen Kugel seines Thermoskops gestellt. Der Weingeisttropfen blieb unbewegt an seiner Stelle, und zeigte demnach, daß die Kugel durch den Einfluß der Kälte eben so stark erkältet, als durch den Einfluß der Wärme zu gleicher Zeit erwärmt wurde. Schwärzte man die Oberfläche einer dieser Scheiben, so war das Ausstrahlen derselben so stark, daß die andere ihr nicht mehr das Gleichgewicht hielt. Schwärzte man indess auch diese andere, so stellte sich das Gleichgewicht wiederum her.

Die Aehnlichkeit der Wärmeschwingungen mit der Schallverbreitung führte den Verf. auf den Gedanken, ein von innen wohl polirtes Hörrohr zwischen die eine Kugel seines Thermoskops und zwischen eine hohle kupferne Kugel von 3 Zoll Durchmesser, die er mit zerstoßenem Eise und Wasser angefüllt hatte, so zu stellen, daß das weitere Ende, dieser letztern Kugel, das engere, der Thermometerkugel zugekehrt war. In der That wurde hierdurch die kalt machende Wirkung seines kalten Körpers gerade so wie der Schall verstärkt, oder, (wie sich der Verf. in dieser ersten Hälfte seines Aufsatzes scherzweise ausdrückt,) „der kalte Körper „sprach vor der großen Oeffnung des Hörrohrs,

„während das Thermoskop vor der kleinen Oeffnung zuhörte.“

Wenn die Theilchen der empfänglichen Körper stets durch schnelle schwingende Bewegungen erschüttert werden, und in jeder Temperatur aus allen Punkten ihrer Oberfläche schwingende Strahlen wie die klingenden Körper ausströmen; wenn ferner die Körper stets wechselseitig auf einander in der Entfernung wirken, und in einander Veränderungen der Temperatur hervor bringen, bis sie zu einem wechselseitigen Gleichwichte der Temperatur gebracht sind; — so muß dieses Erwärmen oder Erkalten eines Körpers nicht bloß von den ihn umgebenden wärmern und kältern Körpern, sondern auch von dem Umstande abhängen, ob seine Oberfläche, welche die Strahlen dieser wärmern oder kältern Körper reflectirt, glatt oder rauh ist. Der Verfasser glaubte aus diesem Grunde schon a priori schließen zu können, daß die polirten Körper sich langsamer erhitzen und erkalten würden, als die nicht-polirten.

Um diesen wichtigen Punkt aufzuklären, stellte er folgende Versuche an: Zwei cylinderförmige Metallgefäße von 4 Zoll Durchmesser und 4 Zoll Höhe, von welchen das eine blank polirt, das andere über der Flamme einer Wachskerze geschwärzt worden war, wurden beide im Winter mit kochendem Wasser angefüllt, und zugleich in einem grossen Zimmer in ruhiger Luft hingestellt, um allmählig zu erkalten. Das geschwärzte Gefäß erkal-

tete ungefähr zwei Mahl schneller als das polirte. — Hierauf putzte man das schwarze Gefäß, bekleidete es dicht mit feiner Leinwand, und wiederholte den Versuch. Das polirte Gefäß brauchte 55 Minuten, um von 50° F. über die Temperatur der Zimmerluft bis auf 40° über dieselbe, also überhaupt um 10° F. zu erkalten, während das mit Leinwand bekleidete Gefäß zu gleicher Erkältung nur 36 Minuten bedurfte. — Dasselbe Gefäß wurde nun statt mit feiner Leinwand, nach einander mit einer, zwei, und endlich mit vier Lagen einer Auflösung von Copal in Weingeist bekleidet, und der Versuch jedes Mahl wiederholt. Das polirte Gefäß erkaltete stets in 55 Minuten um 10° F.; dagegen das mit *einer* Lage Firnißs bedeckte schon in 42 Minuten, das mit *zwei* Lagen bedeckte in $35\frac{1}{4}$, und das mit *vier* Lagen bedeckte in $30\frac{1}{4}$ Minute. Ein mit 8 Lagen dieses Firnißs bekleidetes Gefäß bedurfte $34\frac{1}{4}$ Minute, bis es um volle 10° erkaltet war. — Nach diesen Versuchen nahm man den Firnißs ab, und bemahlte das Gefäß mit Wasserfarben, nach einander weiß und schwarz; dann belegte man es mit Goldschlägerblättchen und ließ es weiß; endlich bemahlte mans auch mit Tusche. Stets beförderten die Umschläge die schnellere Erkältung in Vergleich mit dem polirten Gefäße. — Eins der Gefäße wurde zuletzt mit dünnen Goldblättchen und Silberblättchen vermittelst des Firnißs, den man gewöhnlich zu Vergoldungen anwendet, belegt. Die Erkältung ging alsdann

trotz des Firnisses eben so langsam, als in dem polirten Gefäße vor sich.

Ein Pelz erhält länger die Wärme, wenn das Haar nach aussen, als wenn es nach innen zugekehrt ist. Der Verfasser glaubt, daß dieses in der glatten Politur des Haares seinen Grund hat.

Umgekehrt zeigte eine Menge anderer Versuche, daß Körper, deren Oberfläche glatt ist, sich minder schnell erwärmen, als die, deren Oberfläche *rauh* ist. Man bestätigte dieses besonders durch glatte und rauhe Gefäße mit Wasser, die man aus kalten Zimmern in warme Zimmer brachte.

„Wenn diese Versuche auch nicht überzeugend „beweisen,“ setzt der Verf. hinzu, „daß die Mittheilung der Wärme und Kälte der Mittheilung des „Schalles analog ist, so erhält diese Vermuthung „durch sie doch viel Wahrscheinlichkeit.“

Die bekannten Versuche mit Wassertropfen, die man auf roth glühendes Eisen fallen läßt, und die lange ihre sphärische Gestalt erhalten, und erst spät verdunsten, scheinen sich, nach dem Verfasser, auf dieselbe Weise erklären zu lassen. „Auf der „heissen Oberfläche des Metalls,“ sagt er, „haftet „die Luft mit solcher Gewalt, daß das Wasser sie „nicht aus der Stelle treiben kann. Wenn aber „das Metall etwas weniger warm geworden ist, so „reicht die Schwere des Tropfens hin, die Luft- „lage zu vertreiben, und die Oberfläche wird naß, „das heist, die Gestalt und Politur des Tropfens „werden zerstört, weshalb er mit Zischen in einem

„Augenblicke verdunstet.“ In einem silbernen Löffel, dessen innere Fläche an einem Wachslichte geschwärzt wurde, suchte man einen grossen Wassertropfen zum Kochen zu bringen. Da der Tropfen die schwarze Masse nicht befeuchtete, so war dieses unmöglich, und geschah auch dann noch nicht, als schon die Handhabe des Löffels, welche man mit einem Tuche hielt, bereits so heiss geworden war, dass das äusserste Ende, wenn man es mit nassen Finger berührte, ein Zischen verursachte. Der Tropfen im Löffel über der Flamme war dann vielmehr noch so wenig heiss, dass man ihn, ohne Gefahr, sich zu verbrennen, in die hohle Hand giessen konnte. — Ein Tropfen, der an der Spitze eines Schwefelhölzchens hängt und mit Vorsicht in die Mitte einer Wachskerze gehalten wird, ohne den Docht zu berühren, bleibt ebenfalls ziemlich lange in dieser Gestalt, ohne auch nur warm zu werden, bis das Holz endlich Feuer fängt, und dann dem Tropfen nach und nach die Wärme mittheilt.

Diese Phänomene erklärt der Verfasser mit folgenden Worten: „Da die reflectirende Oberfläche „(*surface reflechi/jante*) eines polirten Körpers „nicht seine *wahre* Oberfläche ist, sondern Schranken, die sich unbezweifelt in sehr geringer Entfernung von diesem Körper befinden, so muss sie, „wie es scheint, nicht nur die Strahlen, welche „von aussen kommen, sondern auch die vom Körper selbst ausgehenden Strahlen zurück werfen.

„Nur eine verhältnißmäßsig kleine Menge von Strahlen bahnt sich einen Weg durch diese Schranken, und strahlt nach außen. Daher ist der Einfluß polarisirter Körper, sie mögen warm oder kalt seyn, auf die Temperatur der benachbarten geringer, als der Einfluß der unpolirten.“

„Der Unterschied eines warmen und minder warmen Körpers scheint dem Verfasser übrigens völlig dem Unterschiede analog zu seyn, der zwischen einem in tiefem Tone, und einem in hohem Tone klingenden Körper Statt findet. Wären die klingenden Körper so organisirt, daß sie alle verschiedene Noten der Tonleiter anzugeben vermöchten, und könnten sie durch ihre Schwingungen wechselseitig so auf einander wirken, daß sie endlich auf eine gemeinschaftliche Zwischennote zurück kämen, so wäre die Analogie der Mittheilungsart der Wärme und des Schalles vollkommen.“

„Will man,“ setzt Graf Rumford schließlick hinzu, „nach Annahme dieser Hypothese, noch den durch das Alterthum geheiligten Namen: *Feuer*, (*feu*) beibehalten; so muß man darunter eine Flüssigkeit verstehen, die sehr dünn und überaus elastisch ist und in welcher Wärme und Licht verbreitet sind. Im übrigen bleibt dieses Element im Besitze aller seiner Vorzüge, und behält sein ausgebreitetes Reich nach wie vor.“