III.

Giebt es eine Wärmematerie oder nicht?

Untersuchungen darüber

von

DAVY, dem Grafen von RUMFORD

und

WILL. HENRY. *)

A. *Immaterialität der Wärme, bewiesen
von Humphry Davy.*

Die Wärmephänomene und die Repulsion im Materiellen sind einerlei Ursache zuzuschreiben. Die

*) Die Grundlage zu diesem Aufsatze entlehne ich aus Davy's *Essay on Heat, Light and the Combinations of Light*, womit vor einigen Jahren eine neue Zeitschrift für Naturkunde und Heilkunde, (*Contributions to physical and medical knowledge, collected by Th. Beddoes, Bristol 1799, 8., p. 1—147,*) eröffnet wurde. Die Skizze einer Wärmelehre, der Bewegungstheorie gemäß, trenne ich jedoch von dem Beweise, daß es keine Wärmematerie giebt, durch einen interessanten Aufsatz Will. Henry's in Manchester, der eine sehr genügende Kritik der Gründe Davy's gegen die Materialität der Wärme, und eine concise Darstellung der Gründe, die für die Annahme eines Wärmestoffs sprechen, enthält. Sie waren für die Fortsetzung von Beddoes Zeitschrift bestimmt; die-

Materie muß als von zwei Kräften constituirt gedacht werden. Vermittelt der einen, die wir die *Attraction* nennen, streben die Theilchen der Körper, sich zu nähern und in einem Zustande des Zusammenhangs zu stehn; mittelst der andern Kraft, die wir die *Repulsion* nennen, werden dagegen die Körpertheilchen in einer gewissen Entfernung von einander gehalten, und wird ihre wirkliche Berührung verhindert, wie es denn, der Erfahrung zufolge, keinen Körper giebt, dessen Theilchen nicht durch gehörige Mittel einander näher gebracht werden könnten, oder, was eins ist, dessen specifische Schwere nicht durch Erniedrigung seiner Temperatur zunähme.

Durch Erhöhung der Temperatur werden alle Körper ausgedehnt, oder, was eins ist, wird die Repulsion in ihren Theilchen rege gemacht, und ihre Ausdehnung richtet sich nach den verschiedenen Graden der Temperatur. Aus diesem Grunde nimmt man mit Recht allgemein an, daß die Grund-

se ging aber ein, und Henry's Aufsatz ist ersetzet in den *Memoirs of the Soc. of Manchester*, Vol. 5, P. 2, Lond. 1802, in das Publikum gekommen, und zwar unverändert so, wie er im Jahre 1799 geschrieben wurde. — Graf Rumford's Versuche über die Erregung der Wärme durch Reibung, die man hier in den Anmerkungen zu Henry's Kritik im Auszuge findet, wurden der königl. Societät in London am 25ten Jan. 1798 vorgelegt.

d. H.

ursache der Wärme dasselbe Etwas ist, dem man die Repulsion in der Materie zuschreiben muß.

Hypothesen über diese Ursach. Der größte Theil der Physiker hält die Ursach der Wärme oder der Repulsion für ein *eigenthümliches elastisches Fluidum*, das in alle Körper dringe und sie ausdehne. Sie nennen es *latente Wärme* oder *Wärmestoff*, (*Caloric.*) Von den kleinen oder größern Quantitäten dieses mit den Körpern verbundenen Wärmestoffs sollen die verschiedenen Aggregatzustände der Körper, Festigkeit, Flüssigkeit und Gasform, abhängen. — Einige andere nehmen dagegen an, daß die Ursach der Wärme oder der Repulsion kein eigenthümlicher Stoff sey, sondern in einer *bloßen Bewegung* bestehe.

Widerlegung der Hypothese des Wärmestoffs durch sich selbst. Die Caloristen nehmen an, daß der Wärmestoff, der die Repulsion der Körper und die Elasticität der Gasarten durch seine Verbindung mit ihnen bewirken soll, ein ursprünglich elastisches Fluidum sey, und sagen nicht, woher die Repulsion oder Elasticität dieses Fluidums rühre. Sie erklären daher sehr unlogisch die Repulsion und Elasticität wieder durch Repulsion und Elasticität. Die willkührliche Annahme eines Wärmestoffs giebt daher gar keinen Aufschluß über die wirkende Ursach der Repulsionskraft.

Beweis der Immaterialität des Wärmestoffs durch Versuche. Nach der Lehre vom Wärmestoffe kann die Temperatur der Körper nicht anders, als ent-

weder durch Verminderung ihrer Wärmecapacität, oder durch Zuleitung der Wärme, die sich in schon erhitzten Körpern befindet, erhöht werden. Diesem gemäß müßte also die Temperaturerhöhung, die durch *Reiben* und *Stoßen* bewirkt wird, nur auf eine der drei folgenden Arten entstehen können: *a.* Entweder dadurch, daß das Reiben und Stoßen in den Körpern eine Verminderung ihrer Capacität bewirkt; *b.* oder dadurch, daß Reiben die Körper fähig machte, das umgebende Sauerstoffgas zu zersetzen, da denn, beim Freiwerden des Wärmestoffs, der Sauerstoff sich mit den Körpern, die gerieben werden, verbinden müßte; *c.* oder dadurch, daß das Reiben die Körper in den Stand setzt, Wärmestoff aus den benachbarten Körpern an sich zu ziehen,

Um zu sehen, ob die Temperaturerhöhung durch Reiben immer auf eine dieser drei Arten, die nach dem caloristifchen Systeme allein denkbar sind, entstehe, stellte Davy folgende Versuche an.

Versuch 1. Zwei Parallelepipeda von Eis, 6" lang, 2" breit, und $\frac{2}{3}$ " dick, an Stäben von starkem Eisendrahte befestigt, wurden bei einer Temperatur von 29° F. einige Minuten lang so an einander gerieben, daß kein anderer Theil des Apparats Friction erlitt. Die Eisstücke schmolzen bald an der sich reibenden Oberfläche zu Wasser, dessen Temperatur 35° war, nachdem es einige Minuten in einer niedrigeren Temperatur gestanden

hatte. *) — Hieraus erhellt also, daß das Eis sich in Wasser verwandelt, ungeachtet, der Theorie nach, die Capacität desselben hätte sollen vermindert werden. Bekanntlich aber ist die Capacität des Wassers zur Wärme größer, als die des Eises, welches eine absolute Menge Wärme bedarf, um in Wasser überzugehen. Die Friction vermindert also nicht die Capacität der Körper für die Wärme. — Auch ist aus diesem Versuche klar, daß die durch Reibung bewirkte Temperaturerhöhung nicht aus der Zersetzung des Sauerstoffgas entstehen kann, weil das Eis keine Verwandtschaft zum Sauerstoffe hat.

Versuch 2. Im luftleeren Raume wurde ein Uhrwerk in Bewegung gesetzt, mittelst dessen sich ein metallnes Rad an einer dünnen Metallplatte rieb. Dabei war eine beträchtliche Wärmeentwicklung bemerkbar. — Der Apparat wurde hierauf unter einem Recipienten voll kohlenfauren Gas, in welchem sich zugleich ätzendes Kali befand, auf die Luftpumpe auf einer Eisscheibe gesetzt, längs deren Rande sich eine kleine Vertiefung voll Wasser befand, und durch Auspumpen und Absorption des letzten Rückstandes, ein, allem Vermuthen nach, vollkommen luftleerer Raum hervorgebracht. Als darauf das Uhrwerk in Bewegung gesetzt wurde, entstand

*) Der Erfolg war bei Anwendung von Wachs, Talg, Harz oder irgend einer Substanz, die in einer niedrigen Temperatur schmilzt, derselbe.

offenbar eine Erhöhung der Temperatur, die sich dadurch zeigte, daß Wachs, das zu dem Ende angebracht war, schmolz. Die Temperatur des Eises und der umgebenden Atmosphäre war zu Anfang des Versuchs 32° F., und eben so hoch zu Ende des Versuchs. Nur die Temperatur des kältesten Theils des Apparats war während des Versuchs von 52° bis nahe 53° gestiegen, so daß die Friction die Temperatur der verschiedenen Theile des Apparats, die an $\frac{1}{2}$ Pfund Metall enthielten, um etwa 1° erhöht, und zugleich 18 Gran Wachs geschmolzt hatte. Hier wurde also durch Reiben freier Wärmestoff angehäuft, der, den obigen Bemerkungen gemäß, von den Körpern hätte herkommen müssen, die mit der Maschine in Berührung standen. Eis war aber in diesem Versuche der einzige Körper, der den Apparat berührte; und hätte dieses die entwickelte Wärme hergegeben, so würde das Wasser, das sich am Rande des Eises befand, haben frieren müssen. Da dieses nicht der Fall war, so kann der Wärmestoff überhaupt von keinem der Körper hergekommen seyn, die mit der Eisscheibe in Berührung standen, denn sonst hätte er, um zum Apparate zu gelangen, durch das Eis durchdringen und es flüssig machen müssen.

Da nun in diesen beiden Versuchen die erzeugte Wärme weder durch Capacitätsverminderung, noch durch Zersetzung des Sauerstoffgas, noch durch Zuleitung von andern Körpern entstehen konnte, und sie auf eine dieser drei Arten hervorgebracht

werden müßte, wenn sie ein besondrer Stoff wäre, so ist mit Recht zu schliessen, *dafs kein Wärmestoff existirt*, und dafs die Erscheinungen der Wärme von einer besondern Bewegung der Körperteilchen herrühren.

B. *Betrachtung einiger Versuche, durch welche man die Materialität der Wärme widerlegen zu können geglaubt hat,*
von Will. Henry zu Manchester.

Gegen den hier geführten indirecten Beweis für die Immaterialität der Wärme macht der treffliche englische Chemiker Henry folgende, wie mir dünkt, sehr gegründete Erinnerungen, indem er gegen die ganze Darstellung Davy's des eigentlichen *status causae* protestirt. Nimmt man an, sagt er, dafs es eine Wärmematerie giebt, und dafs die Temperatur eines Körpers auf der Gegenwart nicht gebundenen Wärmestoffs beruht; so muß bei einer Temperaturerhöhung der freie Wärmestoff, der sie bewirkt, entweder von den umgebenden Körpern *mitgetheilt* werden, oder er muß aus einer innern Wärmequelle herrühren, d. h., aus einem Körper *entbunden* werden, in welchem er zuvor latent und gebunden war. Nun aber wird durch *Reiben* und *Schlagen* die Temperatur der Körper stets erhöht. Läßt sich das wirklich aus keiner dieser beiden Ursachen erklären?

1. Dafs den geriebenen Körpern keine Wärme durch *Mittheilung* zugeführt werde, schliesst Da-

vy daraus, daß in seinem zweiten Versuche eine dünne Metallplatte durch Reiben erwärmt wurde, ungeachtet sie in einem völlig luftleeren Raume auf einer Eisc Scheibe stand, und dadurch von allen Körpern isolirt war, die vermögend gewesen wären, ihr Wärmestoff zuzuführen.

Allein die Isolirung des Apparats in seinem Versuche war nichts weniger, als eine vollkommene. Nach Graf Rumford's Versuchen ist selbst die Torricellische Leere ein Wärmeleiter, (*Annalen*, V, 289, 302.) Erzeugt daher Reibung in Körpern eine Veränderung, welche sie fähig macht, aus den umgebenden Körpern Wärmestoff an sich zu ziehn, so wird diese Anziehung im luftleeren Raume eben sowohl als in der Luft vor sich gehn, und zwar nach dem Verhältnisse der Leitungsfähigkeit beider für Wärme, (d. i., 702 : 1000.)

In des Grafen Rumford's meisterhaften Versuchen über die Wärmeerzeugung durch Reibung, war das Metall, das gerieben wurde, ringsum mit Wasser umgeben und alle Luft aufs sorgfältigste davon abgehalten. Und doch kam das Wasser zum Kochen und wurde lange Zeit über im Kochen erhalten. Der einzige Körper, der in diesem Falle Wärme durch Mittheilung zuführen konnte, war der Bohrer; ist es anders richtig, daß Wasser ein vollkommner Nichtleiter der Wärme ist, wie Graf Rumford behauptet. *)

*) *Graf Rumford's Untersuchungen über die Quelle*

Dafs es übrigens ungereimt sey, anzunehmen, ein Körper könne in demselben Zustande Wärme anziehn und doch auch hergeben, sehe ich nicht ab. Wir haben ein ähnliches Beispiel von gleichzeitigem Zulassen und Austreiben eines feinen materiellen

der durch Reibung erzeugten Wärme, (in seinen *Experimental Essays*, Essay IX, und in den *Philosophical Transactions for 1793*, P. I, p. 80 — 102,) wurden in der Kanonenbohrerei zu München angestellt, bald nachdem diese unter die Aufsicht des Grafen gekommen war. Da von ihnen in den *Annalen* bisher noch nicht die Rede gewesen ist, so benutze ich diese Gelegenheit, das Wesentlichste hier nachzutragen. Damit die Mündung der Kanonen, die beim Gusse oben ist, nicht porös werde, giefst man noch ein cylindrisches massives Metallstück darauf, das man den *verlorenen Kopf* nennt und vor dem Bohren des Geschützes abschneidet. Aus dem verlorenen Kopfe eines metallnen Sechspfünders liess Graf Rumford einen 9,8" langen und 7,75" dicken Cylinder drehen, der mit der Kanone nur durch einen kleinen Hals zusammenhing. Dieser Cylinder wurde mit dem gewöhnlichen horizontalen Geschutzbohrer 7,2" tief und 3,7" weit ausgebohrt. In ihn brachte Graf Rumford durch einen abgerundeten Stahlbohrer, der die Höhlung beinahe ausfüllte und der gegen den Boden des Cylinders mit einer Kraft von ungefähr 10000 Pfund drückte, während die Kanone mittelst Pferde etwa 32mal in jeder Minute um ihre Achse gedreht wurde, eine außerordentliche Reibung hervor. Um die Hitze messen zu können, die sich dabei

Fluidums bei der Electrirmaschine, welche electrische Materie zugleich von aussen erhält und auf benachbarte Leiter verpflanzt. Auch in glühenden Körpern findet vielleicht in demselben Augenblicke Absorption und Irradiation des Lichts statt.

In dem metallnen Cylinder ansammelte, war in dem massiven Bodenstücke desselben ein schmales, 4,2" tiefes Loch von der Seite des Cylinders, bis zu dessen Mittelpunkt gebohrt, in das ein kleines cylindrisches Quecksilberthermometer hineingeschoben wurde, so oft die Temperatur des Metalls bestimmt werden sollte. Das Metall des hohlen Cylinders betrug $385\frac{1}{2}$ engl. Kubikzoll und wog 113,13 engl. Pfund.

Versuch 1. Um die erzeugte Wärme möglichst zusammen zu halten, wurde der hohle Cylinder mit dickem erwärmten Flanell sorgfältig umlegt. Die Temperatur der Luft und des Cylinders war zu Anfang des Versuchs 60° F. Nach 30 Minuten, als die Kanone 960mahl umgedreht war, wurde das Thermometer hineingeschoben. Es stieg sogleich auf 130° F. und war nach 40 Minuten erst wieder bis auf 110° gesunken. Der Bohrer hatte nur 837 Gran feiner schuppenähnlichen Metalltheilchen, die keine Spur von Oxydierung zeigten, vom Innern des Cylinders abgerieben. Es waren keine Zeichen einer Erschöpfung an Wärme bei langem Fortsetzen des Reibens wahrzunehmen.

Versuch 2. Es wurde nun um die viereckige eiserne Stange, die den Bohrer hielt, ein in die Mündung des hohlen Cylinders luftdicht einpassender Stempel angebracht, um von der geriebe-

II. Dafs die Temperaturerhöhung geriebner Körper nicht daher rühren könne, dafs aus ihnen *gebundner Wärmestoff* frei wird, schließt man daraus, weil sonst die absolute Menge von Wärmestoff in einem Körper durch Reibung vermindert werden müßte, wogegen der erste Versuch Davy's und ein Versuch des Grafen Rumford's sprechen. Da zwei Eisstücke, die Davy an einander rieb,

nen Stelle allen Zutritt äusserer Luft abzuhalten. Dieses veränderte im Erfolge des Versuchs nicht das geringste.

Versuch 3. Darauf wurde die eiserne Bohrstange in der einen Seitenwand eines hölzernen Kastens so befestigt, dafs der Cylinder sich in der Mitte dieses Kastens befand, und der Hals desselben durch die gegenüberstehende Seitenwand wasserdicht hindurch ging und darin sich drehen konnte. Dieser Kasten wurde voll Wasser von 60° Temperatur gegossen; das Wasser betrug $2\frac{1}{4}$ Gallon oder 18,77 Pfund. Die Kanone war nicht lange in Drehung gesetzt worden, als erst der Cylinder, dann das Wasser zunächst um ihn merklich warm wurde. Ein Thermometer, das nach 1 Stunde in das Wasser getaucht wurde, stieg auf 107°, nach $1\frac{1}{2}$ St. auf 142°, nach 2 St. auf 178°, nach $2\frac{1}{4}$ St. auf 200°, und $2\frac{1}{2}$ St. nach Anfang des Versuchs kam das Wasser wirklich zum Kochen, zum Erstaunen aller Umstehenden. Der Cylinder und die Bohrstange waren zu derselben Temperatur gebracht. Graf Rumford berechnet, dafs die erregte Hitze daher hingereicht hätte, um wenigstens 26,58 Pfund Wasser zum Kochen zu bringen. Es hatten sich während

schmolzen, und Wasser mehr Wärmestoff enthält, als das Eis, woraus es entsteht, so war hier durch das Reiben die absolute Wärmemenge im Eise vermehrt worden, gegen die Hypothese. Graf Rumford zeigt ebenfalls durch Versuche, daß die specifische Wärme des Metalls nicht abnimmt, wenn es durch das Reiben gegen einen Bohrer in Späne verwandelt wird, wobei es viel Wärme hergiebt. *)

der $2\frac{1}{2}$ Stunden 4145 Gran Bohrspänchen abgerieben.

Versuch 4. Dieser Versuch wurde nochmals, doch ohne merkliche Verschiedenheit, wiederholt, nachdem man zuvor den Stempel fortgenommen hatte, der im vorigen Versuche die Mündung des Cylinders verschloß und das Wasser vom Bohrer abhielt. In beiden Fällen war keine Spur einer Wasserzerfetzung wahrzunehmen.

Woher kam die Wärme in diesen Versuchen? fragt Graf Rumford. Weder aus den abgeriebenen Metalltheilchen, noch aus der Luft, noch aus dem Wasser; das beweisen diese Versuche. Daß sie durch die eiserne Bohrstange und den kleinen Hals des Cylinders zugeführt worden sey, ist noch weit unwahrscheinlicher, da während des ganzen Versuchs *durch beide Hitze aus der Maschinerie entwich.* Da lich nun überdies die Quelle der durch Friction erregten Wärme offenbar als unerschöpflich zeigte, so scheint mir, fügt er hinzu, die Wärme unmöglich ein materieller Stoff und nichts anderes als eine *Art von Bewegung* seyn zu können. d. H.

*) Um zu sehn, ob die Metallspäne beim Kanonenbohren an latenter Wärme verloren hatten,

Dafs in diesen Versuchen Davy's und des Grafen von Rumford die Wärme nicht von außen *mitgetheilt* sey, läfst sich nicht behaupten, so lange nicht die Unmöglichkeit einer Mittheilung von Wärme ganz aufser Streit gesetzt ist. Indessen auch abgesehen hiervon, so sind beide Versuche nur dann überzeugend, wenn sich die Wärmemengen in Körpern vor und nach dem Reiben genau mit einander vergleichen lassen. Ich zweifle aber sehr, dafs wir dazu schon weit genug in der Wärmelehre vorgeschritten sind. Besonders hat mir die Bestimmung des *Verhältnisses der latenten Wärme in Körpern* immer sehr verdächtig geschienen, und ich halte alle

liefs Graf Rumford aus dem durch Bohren erhitzten Metalle dünne Schnitte mit einer feinen Säge schneiden, und nahm von ihnen und von den Spänen gleiche Massen, in einem Versuche 1016½ Gran, die beide in der Temperatur des kochenden Wassers waren. Diese wurden in gleiche Massen kalten Wassers, (4590 Gran, von 59,5° F.,) gethan; und nachdem sie unter leichtem Umrühren mit einem hölzernen Stabe 1 Minute darin gewesen waren, wurde die Wärme des Wassers bestimmt. Beide erhitzten das Wasser völlig um gleich viel, nämlich in dem angeführten Falle bis auf 63°. Folglich war nach Crawford's Formeln die spezifische Wärme des Metalls, wie die der Späne, 0,11, wenn die des Wassers 1 gesetzt wird, und das Metall hatte hiernach nichts an latenter Wärme verloren.

d. H.

Gründe gegen die Materialität der Wärme, die aus angeblichen Bestimmungen dieses Verhältnisses hergenommen sind, für völlig unzureichend.

Wärmestoff läßt sich weder wägen noch dem Volumen nach bestimmen. Wir können daher die Wärmemengen nur aus andern Wirkungen, sofern diese ihren Ursachen proportional sind, messen, und zwar dient uns dazu in der Regel die Ausdehnung der Körper durch die Wärme, auf der alle unsere Wärmemesser beruhen. Diese sind aber noch sehr mangelhaft, da sie 1. nur die Wärme, welche sie selbst angenommen haben, und nicht die in dem umgebenden Körper anzeigen; 2. eine willkürliche Scale haben, nicht eine, die vom absoluten Nullpunkte bis zum Maximum der Wärme ginge; 3. von der latenten oder chemisch gebundenen Wärme nicht afficirt werden; und 4. schwerlich in ihrer Ausdehnung der wirklichen Wärmezunahme durchgehends, so wie nach Crawford's Versuchen das Quecksilberthermometer zwischen dem Frost- und Siedepunkte, proportional sind.

Man nimmt an, daß ungleichartige Körper in gleichen Massen nicht gleich viel Wärmestoff enthalten, und sucht das Verhältniß beider Wärmemengen aus der Temperatur aufzufinden, zu welcher gleiche Massen von verschiedener Temperatur, die man mit einander vermischt, gelangen. So z. B. nehmen 1 Pfund Wasser von 100° und 1 Pfund Wasser von 200° , zusammengegossen, 150° Wärme an, d. i., eine Temperatur, die das arithmetische Mittel zwi-

schen den Temperaturen der gleichen in Berührung gebrachten Wassermassen ist. Gießt man dagegen zu 1 Pfund Quecksilber von 100° , 1 Pfund Wasser von 200° Wärme, so wird die Temperatur der Mischung weit höher; ein Beweis, daß 1 Pfund Quecksilber nicht so viel Wärme fixiren und latent machen kann, als 1 Pfund Wasser. Man schreibt daher dem Quecksilber eine geringere *Capacität für Wärme* zu. Crawford schließt aus einer großen Reihe von Versuchen, daß die Wärmecapacität eines Körpers *constant* sey, so lange er in demselben Aggregatzustande bleibt. So z. B. ist die Wärmecapacität des Wassers 28mahl größer als die des Quecksilbers, in jeder Temperatur vom Siedepunkte bis zum Frostpunkte, und, wie man annimmt, bis zum absoluten Nullpunkte freier Wärme hinunter.

Nach dieser Hypothese Crawford's soll sich das Verhältniß der gebundenen Wärmemengen in zwei Körpern aus dem Verhältnisse der Temperatur bestimmen lassen, die in beiden Körpern durch Zusatz gleicher Wärmemengen erzeugt wird. Diese Annahme ist indess offenbar willkürlich, da es sich mit eben so viel, ja noch mit mehr Recht annehmen läßt, daß eine Masse, die bei gleicher Temperatur mit einer andern, weniger latente Wärme, als diese enthält, bei gleichen hinzugeführten Wärmemengen eben deshalb *mehr*, (nicht weniger,) Wärme, als diese, binde; wie denn z. B. manche trockne Salze mehr Feuchtigkeit aus der Luft, als andre Salze, die mehr KrySTALLISATIONSWASSER enthalten, anziehn.

anziehn. Die gewöhnliche Methode, die specifische Wärme der Körper zu bestimmen, beruht daher auf einer Annahme, die kein sicheres Datum, sondern erst noch zu beweisen ist.

Ist diese Methode nicht gehörig begründet, so sind es eben so wenig die Folgerungen, die man aus ihr gezogen hat. Wenn daher Crawford daraus, daß die Capacität des Eises für Wärme um $\frac{1}{16}$ kleiner, als die Wärmecapacität des Wassers ist, und daß Eis beim Schmelzen 146° Wärme entbindet, schließt, der *Punkt absoluter Kälte* liege 1460° F. unter dem natürlichen Froßpunkte, so ist diese Bestimmung unzulässig und ohne Grund. Ueberdies wäre es die Frage, ob dieses bloß das absolute Null der freien Wärme, oder auch der latenten Wärme seyn soll.

So wären denn die Gründe widerlegt, mit denen Davy und Graf Rumford die Immaterialität der Wärme beweisen wollten.

Hier noch kürzlich *die Gründe, welche mir die Materialität des Wärmestoffs wahrscheinlich machen*. Der Wärmestoff nimmt einen Raum ein und ist ausgedehnt, denn er erweitert den Raum andrer Körper. Dieses könnte nicht geschehen, wäre er nicht auch undurchdringlich. Daß er schwer sey, hat man noch durch keine Versuche darzuthun vermocht; dieses ist es aber auch alles, was aus den hierher gehörigen Versuchen Buffon's, Whitehurst's, Fordyce's, Pictet's und Graf Rumford's folgt. Gerade so ist das Licht unwägbbar,

ohne daß man demselben deshalb die Materialität abspräche. Cavendish detonirte so z. B. in einem eingeschlossnen Gefäße eine Mischung von Sauerstoffgas und Wasserstoffgas, wobei viel Licht entweicht, und fand nicht den mindesten Gewichtsverlust. Dagegen scheint der Wärmestoff chemischen Anziehungen unterworfen zu seyn. Liefse sich das außer Zweifel setzen, so hätten wir ein wichtiges Argument für die Materialität des Wärmestoffs, daher ich mich hierbei umständlicher verweilen will.

Daß chemische Verwandtschaften an den Phänomenen der Wärme großen Antheil haben, schliesse ich aus Folgendem: 1. Alle charakteristischen Kennzeichen des freien Wärmestoffs verschwinden, sobald durch ihn Formänderungen in andern Körpern hervorgebracht werden; zugleich sind die Eigenschaften der so veränderten Körper wesentlich verändert. Dieses ist aber das einzige unzweideutige Merkmal, das wir überhaupt für chemische Vereinigung und Spiel chemischer Verwandtschaften haben. — 2. Hierbei scheint wahre *Wahlverwandtschaft* statt zu finden. Werden z. B. einige Metalloxyde in hohe Hitze gebracht, so verbindet sich der Wärmestoff lediglich mit dem einen Bestandtheile dieser Oxyde, und scheidet ihn ab. Bei mehreren Verbindungen zweier Stoffe wird Wärmestoff ausgeschieden, bei andern verschluckt, je nachdem die Stoffe verbunden, den Wärmestoff schwächer oder stärker, als einzeln anziehn. — 3. In manchen

Fällen wirkt der Wärmestoff mit zu Trennungen durch *doppelte Wahlverwandschaften*, wie z. B. bei der Zersetzung des Wassers durch Eisen, und der kohlenfauren Alkalien durch eine Säure. 4. Auch scheint der Wärmestoff manchmal als *Anzeignungsmittel* zwischen Stoffen zu wirken, die ohne ihn nicht vereinbar sind, z. B. zwischen Sauerstoff und Kohlenstoff, die sich nur in hohen, nie in niedern Temperaturen zu kohlenfaurem Gas verbinden.

In Crawford's Theorie wird den Verwandtschaften des Wärmestoffs *kein* Einfluß auf die Phänomene der Wärme eingeräumt, Crawford behauptet ausdrücklich, die Elementarwärme sey *unfähig*, sich mit andern Körpern chemisch zu verbinden. *Capacität* für Wärme, nach Crawford's Sinn, ist daher von *Verwandtschaft des Wärmestoffs* verschieden. In den Anwendungen, welche Crawford und andre von jenem Begriffe gemacht haben, nehmen sie Capacität mehrentheils in dem gewöhnlichen Sinne; und ist das der Fall, so setzt Verschiedenheit von Wärmecapacität Verschiedenheit in der Gröfse der Zwischenräume zwischen den kleinsten Körpertheilchen voraus, und daß hierauf die Unterschiede beruhen, die wir in dem Aufnehmen und Mittheilen von Wärme in den verschiedenen Körpern bemerken. Nach dieser Theorie sind die Körpertheilchen selbst ohne Kraft, und haben kein Vermögen, den Wärmestoff um sich zu häufen und zu fesseln; aber eben deshalb scheint sie mir nicht

hinzureichen, alle Erscheinungen der Wärme genügend zu erklären.

Nach der Capacitätstheorie geht in manchen Fällen die Formänderung eines Stoffs der Absorption von Wärmestoff vorher. Wenn z. B. bei Aufhebung des Luftdrucks Aether die Gasgestalt annimmt, so wird, nach dieser Hypothese, die Capacität des Aethers dadurch, daß er sich volatilisiert, erhöht, und deshalb Wärmestoff absorbiert. Diese Ansicht des Phänomens widerspricht aber geradezu einem ausgemachten Grundsatz, daß nämlich alle flüssigen Körper, während ihres Uebergangs in die Dampfgestalt, Wärmestoff absorbiren. Ein Thermometer, das unter den Recipienten der Luftpumpe in den Aether gesetzt wird, sinkt während des Auspumpens allmählig, indeß die Verdünnung sichtlich schwächer wird und zuletzt kaum noch wahrzunehmen ist. Daraus läßt sich vermuthen, daß die Verflüchtigung des Aethers, wenn die Temperatur bis auf einen gewissen Punkt abgenommen hat, gänzlich aufhören würde, könnte man die Mittheilung von Wärmestoff aus den umgebenden Körpern gänzlich verhindern. Nach der Theorie der Capacitäten müßte dagegen die Verdünnung zuletzt eben so schnell als zu Anfang vor sich gehn, und ganz unabhängig von der Temperatur seyn, welches, wie bekannt, gegen alle Erfahrung ist.

Aus diesen Gründen ist es vielmehr sehr wahrscheinlich, daß das Bestreben des Aethers, die Gas-

form anzunehmen, auf seiner *chemischen Verwandtschaft zur Wärme* beruht. Druck verhindert die Expansion, wirkt dadurch der chemischen Verwandtschaft entgegen, und kann, ist er stark genug, den Erfolg der Verwandtschaft eben so wohl, als das von der Cohärenz bekannt ist, gänzlich zurückhalten.

Und so kämen denn also der Urfach der Wärme alle Eigenschaften der Materie, bis auf die Schwere zu; weshalb wir sie billig für eine Materie eigenthümlicher Art halten.

Noch sollte ich, um diese Vertheidigung der Materialität der Wärme vollständig zu machen, die Umstände anführen, in denen sich *die Phänomene der Wärme von den bekannten Phänomenen der Bewegung unterscheiden*. Ich begnüge mich indess, hier nur einen der auffallendsten und entscheidendsten Unterschiede zu erwähnen. Bewegung ist ein Attribut der Materie, und kann nicht ohne Materie in der Natur vorhanden seyn. Nun aber geht, nach Graf Rumford's Versuchen, die Wärme durch die torricellische Leere hindurch, in welcher nichts vorhanden ist, was Bewegung fortpflanzen könnte. Dieser Versuch scheint mir daher entscheidend darzuthun, daß Wärme unabhängig von aller andern Materie, mithin auch von aller Bewegung, existiren kann, — daß folglich *Wärme selbst körperlich und eine Materie besonderer Art sey*.

C. *Wärmelehre nach der Bewegungstheorie,*
von Humphry Davy.

Alle festen Körper werden durch langes und heftiges Reiben ausgedehnt, *) und wenn ihre Temperatur höher als die unsers Körpers wird, afficiren sie unsre Gefühlsorgane durch die Empfindung der Wärme. Beim Expandiren entfernen sich die Theile der Körper von einander, werden mithin in Bewegung gesetzt; und da sich auch das Reiben und Stoßen ohne Bewirkung einer Bewegung und Erschütterung der Körpertheilchen nicht denken lassen, so dürfen wir allerdings schliessen, daß diese Bewegung die Wärme selbst oder die repulsive Kraft ist.

Die Wärme also, oder die *Kraft*, welche die unmittelbare Berührung der kleinsten Theile der Körper verhindert und in uns die Empfindung der *Kälte* und *Wärme* hervorbringt, ist demnach nichts anderes, als eine *eigne Art von Bewegung*, wahrscheinlich eine *Vibration* der kleinsten Theile der Körper, wodurch diese von einander entfernt werden. Wir können sie daher die *repulsive Bewegung* nennen; ein Ausdruck, mit dem ich hier zugleich auch die Ursache der Wärme oder Repulsion bezeichne, weil das Wort: *Wärme*, das im gemeinen

*) Diese Thatfache ist wegen der wenigen Ausnahmen beinahe von allen Körpern, ausser vom Eise anzunehmen, worin hier eine eigne Anordnung der Theile und vielleicht eine eigne repulsive Bewegung mitwirkt.

Sprachgebrauche die Empfindung bezeichnet, welche jede Vermehrung der repulsiven Bewegung in einem Theile unsers Systems begleitet, sehr unschicklich auch für die Ursache dieser Empfindung selbst gebraucht werden würde. Der Ausdruck: *Caloric* oder *Wärmestoff*, ist zu verbannen, weil er auf eine materielle Ursache der Wärme hindeutet, welche nicht existirt.

Die Wirkung der repulsiven Kraft auf die Körpertheilchen setzt eine Wirkung der attractiven Kraft voraus. Die anziehende Kraft oder die Attraction ist eine zusammengesetzte Wirkung der Cohäsion, der Gravitation und des Drucks, welcher durch die Gravitation der umgebenden Substanzen hervorgebracht wird. Die abstoßende Kraft oder die Repulsion ist ein mitgetheilte Impuls, der die Körpertheilchen durch Bewegung oder Schwingung von einander entfernt und der durch Reiben oder Stoßen hervorgebracht, oder, richtiger, vermehrt werden kann. Die Attraction ist der Centripetalkraft und die Repulsion oder repulsive Bewegung der planetarischen Centrifugalkraft vollkommen analog.

Die verschiedenen *Aggregatzustände* der Körper hängen von dem verschiedenen quantitativen Verhältnisse der auf sie wirkenden Attraction und Repulsion ab. Je nachdem die Attraction überwiegt, oder beide gleich sind, oder die Repulsion vorwaltet, ist der Körper im Zustande der *Festigkeit*, oder der *tropfbaren Flüssigkeit*, oder des *Gas*. Noch giebt es einen Aggregatzustand, der bisher unhe-

merkt geblieben ist, und in dem sich nur ein bekannter Stoff, nämlich das *Licht*, (vielleicht auch die riechenden Stoffe,) befindet. In diesem Zustande prädominirt die Repulsion so sehr über die Attraction, daß sich die Theilchen mit der größten Schnelligkeit und ins Unendliche von einander trennen, und die Gravitation sehr wenig auf sie zu wirken scheint. Dieser Zustand könnte die *repulsive Projection* genannt werden.

Außerdem scheinen verschiedene in Einem Zustande der Aggregation befindliche Körper in Rücksicht des Verhältnisses dieser beiden Kräfte, durch die sie constituirt werden, verschieden zu seyn, und dies bewirkt die *Verschiedenheit der specifischen Schwere* der einzelnen festen, flüssigen oder gasartigen Körper unter einander.

Die Veränderung und der Uebergang eines Aggregatzustandes in einen andern bestehn hiernach darin, daß das bisher in einem Körper obwaltende Verhältniß dieser beiden Grundkräfte in ein anderes umgeändert wird. *Expansion* und *Contraction* sind die Merkmale der zunehmenden Repulsion oder Attraction.

Die repulsive Bewegung kann in den Körpern auf dreierlei Art *erregt* oder *vermehrt* werden:
 a. Durch *Reiben* oder *Stoßen*. In diesem Falle verwandelt sich die mechanische Bewegung, welche die Massen bei ihrem Aneinanderreiben verlieren, in abstoßende oder repulsive Bewegung ihrer Par-

tikelchen. — b. Durch die Bewegung *chemischer* Verbindungen und Zersetzungen. — c. Durch *Mittheilung* repulsiver Bewegung von benachbarten Körpern.

Die Eigenschaft der Körper, repulsive Bewegung mitzutheilen oder zu empfangen, heist *Temperatur*. Sie wird *hoch* genannt, wenn der Körper repulsive Bewegung mittheilt; *niedrig*, wenn er welche empfängt. Die Kraft, repulsive Bewegung mitzutheilen und anzunehmen, ist, so wie die Geschwindigkeit der Annahme und Mittheilung, in den Körpern und ihren verschiedenen Aggregatzuständen verschieden, und richtet sich, so viel wir wissen, nicht nach den absoluten Quantitäten der in ihnen wirkenden repulsiven Bewegung, sondern nach ihrer besondern uns unbekannten atomistischen Constitution. Da die Neigung, abstoßende Bewegung mitzutheilen, durch eine Vermehrung derselben verstärkt, und durch jede Verminderung geschwächt wird; so bestimmt das Maass der Temperatur durch Ausdehnung und Zusammenziehung auch das relative Verhältniß der repulsiven Bewegung.

Die Temperaturen der verschiedenen Körper, oder ihre Neigungen, repulsive Bewegung mitzutheilen und zu empfangen, werden durch den Zutatz und durch die Entziehung gleicher Quantitäten repulsiver Bewegung verschiedentlich vermehrt und vermindert. Diese Eigenthümlichkeit, mit der sie sich von einander unterscheiden, nennen die Calo-

risten ihre *Capacität für Wärme*. Schicklicher könnte man sie ihre *Temperaturfähigkeit* nennen, weil sie sich nicht auf die absoluten Quantitäten repulsiver Bewegung, die sie aufnehmen können, sondern nur auf die Temperatur bezieht. Alle Körper sind irgend einer Vermehrung der repulsiven Bewegung fähig; aber ihre Temperaturen werden dadurch verschiedentlich erhöht, das heisst, sie haben eine verschiedene Temperaturempfänglichkeit. Derjenige Körper hat die geringste Temperaturfähigkeit, der die grösste Capacität für die repulsive Bewegung besitzt, und so umgekehrt.

Die Temperaturfähigkeit wird durch Vermehrung der repulsiven Bewegung vermindert, und durch Verminderung derselben vermehrt, daher sie im festen Zustande eines Körpers grösser als in seinem flüssigen, und am schwächsten in seinem gasförmigen Zustande ist. Sie hängt zugleich von dem Drucke ab, unter welchem sich die Körper befinden, und wird durch Druck vermehrt, durch Aufhebung desselben vermindert. Im erstern Falle wird die Temperatur erhöht, im letztern erniedrigt. Auch wird die Temperaturfähigkeit durch chemische Verbindungen vermehrt oder vermindert; im erstern Falle ist die Temperatur des Produkts grösser, als die der einzelnen constituirenden Bestandtheile, im letztern geringer.

Wenn Körper sich repulsive Bewegung *mittheilen*, so ist die Bewegung, welche der eine gewinnt

oder verliert, genau der gleich, welche der andere verliert oder gewinnt.

Zwei der Quantität und Qualität nach gleiche Körper erhalten bei ihrer Berührung durch die Vertheilung der repulsiven Bewegung eine gemeinschaftliche Temperatur, und diese ist das arithmetische Mittel ihrer ursprünglichen Temperaturen.

Zwei gleichartige Körper, deren Quantität und Temperatur verschieden ist, erhalten durch diese Vertheilung auch eine gemeinschaftliche Temperatur; die mitgetheilte repulsive Bewegung vertheilt sich folglich unter sie nach dem Verhältnisse ihrer verschiednen Quantitäten.

Zwei Körper von verschiedner Temperaturfähigkeit und von verschiedner Temperatur empfangen bei ihrer Berührung ebenfalls eine gemeinschaftliche Temperatur. Hier richtet sich aber die mitgetheilte repulsive Bewegung nach dem zusammengeletzten Verhältnisse der Quantitäten ihres materiellen Stoffes und ihrer verschiednen Temperaturfähigkeiten.

Da es keinen Wärmestoff giebt, so sollte auch der Name: *Gas*, im Sinne der neuen Nomenclatur, (für die gesättigte Verbindung der Körper mit dem Wärmestoffe,) eben so wie das Wort: *Caloric*, aus der Chemie verbannt werden, weil 1. die Körper beim Uebergange aus dem festen in den flüssigen Zustand keine wesentliche Veränderung erleiden;

es kann also keine neue chemische Verbindung angedeutet werden: 2. alle Körper sind, ohne Rücksicht ihres Zustandes, in der neuen Nomenclatur mit ihrem eigenthümlichen Namen benannt worden; man hat nicht die Namen: festes Gold, flüssiges Gold u. s. w., wie Sauerstoffgas u. s. w., eingeführt: 3. da alle Gasarten sich in der gewöhnlichen Temperatur gasförmig erhalten, so würden die bloßen Namen ohne Zusatz, *Gas*, hinreichen. Einfache Substanzen sollte man durch eigenthümliche, ihre Natur bezeichnende Namen, zusammengesetzte hingegen durch solche Namen unterscheiden, die von ihren Bestandtheilen entlehnt sind. Dem zufolge wäre unter Gold, Quecksilber, Wasserstoff u. s. w., festes Gold, flüssiges Quecksilber und gasförmiger Wasserstoff zu verstehn.

Zuletzt erklärt Davy noch die Explosion bei Verpuffungen durch die große Vermehrung der repulsiven Bewegung mittelst der schnell trennenden und verbindenden chemischen Bewegungen, die bei dergleichen Prozessen obwalten. Das donnernde Geräusch derselben schreibt er der schwingenden Bewegung zu, die in der Atmosphäre durch das schnelle Verdrängen einer eben so großen Luftmasse, als die ist, die im Prozesse erzeugt wurde, veranlaßt wird. Die Hypothese der Caloristen über das Verpuffen sey eine ihrer absurdesten. Denn da nach ihrer Theorie das Freiwerden des Wärmestoffs aus Körpern in chemischen Prozessen durch

eine Verminderung ihrer Capacitäten entstehe, so würde daraus folgen, daß, weil der Salpeter verpuffen kann, die Wärmecapacitäten des Kali, des Azotes und der Kohlenläure viel geringer seyn müßten, als die der Kohle und des Salpeters. Dieses sey aber völlig falsch, da er durch Versuche gefunden habe, daß die vereinte Capacität des Salpeters und der Kohle viel geringer ist, als die der Kohlenläure, oder die des Azotes einzeln für sich genommen.