# Der Maschinenbau

Redtenbacher, Ferdinand

Mannheim, 1863

Die Wärmequellen

urn:nbn:de:bsz:31-270981

eine noch die andere Schwingungsart durch Wellen fortpflanzen. Die eindringenden Wellen werden nach dem Gesetz gebrochen, dass das Verhältniss der Sinuse des Einfalls- und des Brechungswinkels constant ist.

Herrscht im Innern des Körpers keine regelmässige Gruppirung der Atome, so verursacht eine anschlagende Welle im Innern nur verworrene Bewegungen, die in radiale Dynamidenschwingungen (Wärme) übergehen, aber eine Wellenbewegung (Licht und Strahlung) findet darum nicht statt.

Ist die Oberfläche eines Körpers mit ganz feinen Rauhheiten überzogen (berusst, fein geritzt), so wird die anschlagende Welle zerstreut und es entstehen verworrene Bewegungen in beiden Medien.

## Die Wärmequellen.

Es gibt in der Natur kaum Einen mechanischen, chemischen oder physikalischen Vorgang, der nicht von einer Wärmeerscheinung begleitet wäre. Diejenigen Vorgänge, bei welchen diese Thätigkeit in einem höheren Grade eintritt, kann man Wärmequellen nennen. Wir wollen die vorzüglichsten derselben betrachten.

**Sonnenwärme.** Die Planeten, die Fixsterne, die Monde, aber insbesondere die Sonne bringt Wärmewirkungen hervor. Das organische Leben an der Oberfläche der Erde wird wesentlich durch die Sonnenwärme hervorgebracht, die Sonnenwärme ist die motorische Kraft für alles organische Leben. Was für die Industrie die Wasserkraft und die Dampfkraft, das ist für die Pflanzenwelt die Sonnenwärme. Allein sie ist für unsere Industrie nicht benutzbar, wir besitzen keine Mittel, wodurch eine beträchtliche Menge von Sonnenwärme auf einen engen Raum konzentrirt werden könnte. Aber indirekt leistet die Sonne auch der mechanischen Industrie gute Dienste, denn sie verdunstet das Wasser an der Oberfläche der Erde, hebt also das Wasser in die Höhe, und wenn dieses dann als Regen und Schnee niederfällt, werden die Quellen und Wasserläufe genährt, und diese sind es, die unsere Wasserräder und Turbinen und andern hydraulischen Kraftmaschinen treiben. In letzter Instanz werden also unsere hydraulischen Kraftmaschinen durch die Kraft der Sonnenwärme betrieben. Aber eine direkte Benutzung der Sonnenwärme zu technischen Zwecken gibt es nicht. Man kann meilengrosse Brennspiegel nicht konstruiren.

**Die Erdwärme.** Die vulkanischen Erscheinungen und die Thatsache, dass die Temperatur des Erdkörpers von der Oberfläche an nach dem Innern für je 30 bis $33^m$ um einen Grad zunimmt, machen es höchst wahrscheinlich, dass nur allein die Rinde der Erde fest, das Innere dagegen in einem geschmolzenen flüssigen Zustand sich befindet. Der Erfahrung gemäss schmelzen alle Erden, Erze und Metalle bei einer Temperatur von 2000 Graden. Wenn also die Erdwärme für je $30^m$ Tiefe um einen Grad zunimmt, so herrscht in einer Tiefe von $2000 \times 30 = 60000^m$ eine Temperatur von 2000 Grad, müssen also in einer Tiefe von $60000^m$ alle Körper geschmolzen sein, wird also die Dicke der festen Erdrinde $60000^m$ betragen. Nun ist aber der Halbmesser der Erde $\frac{360 \times 15}{2 \times \pi} = 900$ geographische Meilen $= 7420 \times 900 = 6678000^m$. Nach dieser Rechnung beträgt also die Dicke der festen Erdrinde nur den $\frac{6678000}{60000} = 111^{\text{ten}}$ Theil des Halbmessers. Um sich von dem enormen Wärmegehalt des geschmolzenen Erdinnern eine anschauliche Vorstellung zu machen, wollen wir die Dicke einer Steinkohlenrinde berechnen, die so viel Wärme gibt, als im Erdinnern enthalten ist. Das Volumen des Erdinnern beträgt $\frac{4}{3}\,(6678000 - 60000)^3\; 3{\cdot}14^{\text{Kbm}}$. Das spezifische Gewicht der geschmolzenen Erdarten ist circa $2500^{\text{Klg}}$ per $1^{\text{Kbm}}$. Die spezifische Wärme 0·2 (gebrannter Thon). Die Wärme des Erdinnern ist demnach

$$\frac{4}{3}\,(6678000 - 60000)^3\; 3{\cdot}14 \times 2500 \times 0{\cdot}2 \times 2000$$

Wärmeeinheiten. Nennen wir $x$ die Dicke der idealen Steinkohlenschicht und 7000 die Heizkraft der Steinkohlen, so ist:

$$4 \times 6678000^2 \times 3{\cdot}14 \times x \times 1800 \times 7000$$

die gesammte Heizkraft der Schicht, demnach

$$x = \frac{\frac{4}{3}\,(6678000 - 60000)^3\; 3{\cdot}14 \times 2500 \times 0{\cdot}2 \times 2000}{4 \times 6678000^2 \times 3{\cdot}14 \times 1800 \times 7000} = 200000^m$$

oder ungefähr $\frac{200000}{7420} = 27$ geographische Meilen. Die Erdwärme ist also äquivalent einer über die ganze Erdoberfläche verbreiteten Steinkohlenschicht von 27 geographischen Meilen Dicke. Aber leider können wir von diesem kolossalen Wärmevorrath keinen technischen Nutzen ziehen, die Entfernung dieser Wärmequelle von der Oberfläche der Erde ist zu gross, obgleich die Dicke der festen Erdrinde nur den $111^{\text{ten}}$ Theil des Erdhalbmessers beträgt.

**Warme Wasserquellen.** Auch die Wärme der warmen Quellen ist für technische Zwecke von keinem Belang. Die Wassermengen dieser Quellen sind in der Regel nicht gross, und die Temperatur des Wassers beträgt selten mehr als 60°. Ein Kubikfuss ($30^{\text{Klg}}$) von solchem Wasser enthält demnach nicht mehr als $30 \times 60 = 1800$ Wärmeeinheiten, ist also äquivalent mit $\frac{1800}{7000} = 0{\cdot}26^{\text{Klg}}$ Steinkohlen. Eine warme Mineralquelle, die in jeder Sekunde 4 Kubikfuss Wasser von 60° Temperatur liefert, gibt also in einer Sekunde so viel Wärme, als in $1^{\text{Klg}}$ Steinkohlen enthalten ist.

**Ursprung der Wärme der Weltkörper.** Die Kugelgestalt der Erde, noch mehr aber ihre ellipsoidische Form, so wie die geologischen Verhältnisse lassen es kaum bezweifeln, dass die Erdmasse einstens eine feurig-flüssige Masse bildete. Die Abplattung der Erde, d. h. ihre ellipsoidische Form, stimmt genau mit derjenigen überein, welche eine flüssige Masse von der Grösse des Erdkörpers annehmen muss, wenn sie sich so schnell um ihre Achse dreht wie die Erde. Die Erde war also einstens flüssig und ist, weil nun die Oberfläche fest und starr ist, durch Abkühlung in den jetzigen Zustand gekommen. Allein die Temperatur der Erde nimmt nach dem Innern für je $30^{\text{m}}$ um 1 Grad zu. In einer Tiefe von $60000^{\text{m}}$ (circa $\frac{1}{111}$ des Erdhalbmessers) beträgt also die Temperatur wahrscheinlich 2000 Grade, ist also so hoch, dass alles Material geschmolzen sein muss. Berücksichtigt man nun, dass das Innere der Erde gegenwärtig geschmolzen ist, dass der jetzige Zustand durch Abkühlung entstanden ist, und dass das Ganze einstens flüssig war, so kommt man zu dem Schluss, dass die Erde einstens in einem feurig-flüssigen Zustand war und Licht und Wärme ausstrahlte wie jetzt die Sonne.

Ob es sich mit den Planeten eben so verhält, kann man nicht mit gleicher Sicherheit sagen, weil wir nicht wissen, ob das Innere derselben gegenwärtig feurig-flüssig ist. Allein ihre Kugelform ist Thatsache und dies allein berechtigt zu der Annahme, dass auch die Planeten einstens flüssig waren, und, da alle Planeten wahrscheinlich in Folge eines und desselben grossen Prozesses sich gebildet haben, so ist es höchst wahrscheinlich, das alle Planeten einstens, gleich wie es bei der Erde beinahe nachgewiesen ist, in feurig-flüssigem Zustande waren, und durch allmählige Abkühlung nach Aussen in den gegenwärtigen Zustand gerathen sind.

Die intensiven Licht- und Wärmewirkungen, welche von der Sonne ausgehen, lassen kaum einen Zweifel übrig, dass die Sonnenmasse noch gegenwärtig in einem feurig flüssigen Zustande sich befindet. Dieser Zustand ist entweder ein Fortglühen, ohne dass Verbrennungsakte vorgehen, oder es ist ein sich fortsetzender Verbrennungsprozess, oder endlich es ist theils ein Fortglühen, theils ein fortdauernder Verbrennungsprozess. Die Untersuchungen von Bunsen machen es wahrscheinlich, dass Verbrennungsakte vorkommen. Wäre der Zustand der Sonne ein pures Glühen, so würde kein Licht und keine Wärme erzeugt, und da die Sonne Licht und Wärme, d. h. lebendige Kraft an den Aether des Weltraums abgibt, so müsste der Intensitätszustand der Sonne im Abnehmen befindlich sein. Gehen aber Verbrennungsakte vor sich, so wird durch dieselben lebendige Kraft, mithin Licht und Wärme fort und fort erzeugt, und die Intensität des Zustandes muss noch nicht abnehmen, sondern kann sich erhalten oder kann selbst noch weiter gesteigert werden, bis alle Verbrennungsprozesse vorüber sind, von wo an aber nothwendig eine Abnahme des Intensitätszustandes eintreten muss.

Das zahlreiche Heer der Fixsterne ist ein Heer von sonnenähnlichen Körpern, von denen jeder Licht und Wärme aussendet. Wahrscheinlich sind auch diese Fixsterne feurig-flüssige Massen wie die Sonne unseres Planetensystems. Im Weltraum sind also unzählbar viele im feurig-flüssigen Zustand befindliche Massen von ganz ausserordentlicher Grösse vorhanden, die Licht und Wärme aussenden und vielleicht durch fortdauernde Verbrennungsprozesse fortwährend Licht und Wärme erzeugen. Doch hat man mehrere Beispiele, dass Fixsterne verschwunden sind, also wahrscheinlich zu leuchten aufgehört haben, also durch Abkühlung wie die Erde dunkel geworden sind.

Von nicht selbstleuchtenden Himmelskörpern kennen wir nur die Planeten und Kometen. Allein die Astronomen finden es wahrscheinlich, dass es im Weltraum auch unzählig viele nicht leuchtende Körper gibt, und dies sind wahrscheinlich ausgebrannte abgekühlte Sonnen und Planeten.

In der gegenwärtigen Zeit sind also die Weltkörper theils feurig-flüssige, theils dunkle nicht selbst leuchtende Massen. Die letzteren waren aber auch wahrscheinlich einstens feurig-flüssig und sind erst allmählig durch Abkühlung dunkel geworden.

**Die initiale Wärmebildung.** Es entsteht nun die Frage, wie dieser feurig-flüssige Zustand der Himmelskörper entstanden ist? Ob sie so wie sie sind geschaffen, oder durch natürliche Vorgänge erzeugt wurden? Bevor man zu einem Schöpfungswunder seine Zuflucht nimmt, muss man sich umsehen, ob man nicht eine natürliche Ursache entdecken kann, wodurch faktisch vorhandene Zustände ihre Erklärung finden können.

Unsere Prinzipien der Mechanik in Verbindung mit unserer Grundanschauung von der Beschaffenheit der Materie genügen vollkommen zur Erklärung des feurig-flüssigen Zustandes der Himmelskörper. Wir brauchen kein Schöpfungswunder, brauchen auch keine chemischen Aktionen, keine Verbrennungsprozesse anzunehmen, sondern diese Wärmeentwickelungen folgen aus rein mechanischen Vorgängen, die durch die allgemeine Gravitation mit Nothwendigkeit entstehen mussten, nämlich durch die unter der Einwirkung der Gravitation geschehenen Ballungsakte.

Wir nehmen an, dass diese Feuerbälle nicht als solche geschaffen wurden, sondern dass sie einstens aus grossen Quantitäten Materie entstanden sind, die vor der Bildung dieser Bälle im Weltraum als Dunst- und Staubmasse vorhanden waren. Da sich vermöge der Gravitationskraft je zwei Theilchen einer solchen Dunstmasse mit einer Kraft anziehen, welche dem Produkte ihrer Massen direkt und dem Quadrat ihrer Entfernung verkehrt proportional ist, so muss in einer solchen Dunstmasse nothwendig eine Tendenz vorhanden sein, sich zusammenzuballen, sich zu einer kugelförmigen Masse zu konzentriren. Durch die dabei stattfindende Annäherung je zweier Theilchen wird aber eine sicher berechenbare Wirkungsgrösse entwickelt; durch die wechselseitige Annäherung aller Theilchen muss daher eine ganz kolossale Gesammtwirkung ausgeübt werden, die sich nothwendig auf irgend eine Weise manifestiren muss. Dieser Ballungsakt ist so zu sagen ein centripetaler Zusammensturz. Alle Massen nähern sich anfangs, so lange sie noch weit von einander entfernt sind, nur langsam, aber allmählig schneller und schneller und stürzen zuletzt, mit einer Hast, die jede Phantasievorstellung übersteigt, nach dem gemeinsamen Schwerpunkt des ganzen Massensystems hin. Ist dies geschehen, so muss in der ganzen Masse ein Erschütterungszustand heftigster Art vorhanden sein, und dieser wird, wie in allen anderen ähnlichen Fällen, vom Aether der Dynamiden aufgenommen. Der Aether der geballten Masse nimmt also schliesslich die ganze enorme bei dem Ballungsakt durch die Gravitationskraft entwickelte Wirkung in sich auf, und dass dadurch Wärme und Licht nicht nur entstehen kann, sondern entstehen muss, wird Jedermann einsehen, der mit den Grundsätzen der Mechanik und den neueren Wärmetheorien vertraut ist.

Wir wollen uns mit dieser wörtlichen Schilderung des Vorganges nicht begnügen, sondern werden die Sache durch genaue Rechnungen verfolgen; vorläufig wollen wir jedoch unsere Betrachtung ohne Rechnung in Gedanken so weit als möglich verfolgen.

Es ist auch ohne Rechnung leicht zu errathen, dass nach dem Ballungsakt einer Masse die Temperatur derselben wesentlich von der Grösse der Masse abhängen muss; denn die Kraft, mit welcher irgend ein Atom während des Ballungsaktes gegen den gemeinsamen Schwerpunkt hingezogen wird, ist bei einer grossen Masse viel grösser, als bei einer kleinen. Daraus folgt aber, dass die Temperatur eines Weltkörpers unmittelbar nach dem Ballungsakt in dem Maass grösser sein wird, als der Körper selbst grösser ist. Die Temperatur der Sonnenmasse war also gleich von Anfang an viel höher als die der Erdmasse. Der Halbmesser der Sonnenkugel ist 110 mal grösser als jener der Erdkugel und die Sonnenmasse ist 354936 mal grösser als die Erdmasse.

Höchst wahrscheinlich gibt es Fixsterne, welche weit grösser sind als unsere Sonne, die sich vielleicht zur Sonne verhalten wie diese zur Erde; die Temperatur dieser Fixsterne wird daher, wenn sie sich unter dem Einfluss der Gravitation gebildet haben, nach dem Entstehungsakt noch bei weitem höher gewesen sein als die der Sonne. Kurz, je grösser und massiger ein Weltball ist, desto höher muss nothwendig seine Temperatur im Entstehungsmoment gewesen sein.

**Die Abkühlung der Weltkörper.** Allein diese geballten Weltkörper bewegen sich im Weltraume fort, in welchem eine sehr tiefe Temperatur herrscht, sie kühlen sich daher allmählig ab. Nun ist aber die Abkühlungsfläche (die Oberfläche) im Verhältniss zum Volumen (zum Wärmegehalt) bei einem kleinen Körper sehr gross, bei einem grossen Körper sehr klein. Kleine Weltkörper kühlen sich daher rasch ab, grosse sehr langsam; daher wird es nun begreiflich, weshalb die Planeten unseres Systems bereits alle starr geworden sind, während die Sonne noch immer glühend ist und Licht und Wärme aussendet. Und ähnlich mag es sich auch in den übrigen Sonnensystemen verhalten. Sehr grosse dunkle Weltkörper gibt es wahrscheinlich nicht viele, und die wenigen, die es geben mag, müssen sehr alt sein, müssen schon längst abgebrannt sein. Dagegen mag es eine ungemein grosse Zahl von kleineren dunkeln Körpern geben, die um Fixsterne kreisen und deren Planetensysteme bilden.

Nach den Kenntnissen, welche wir vom organischen Bilden und Leben besitzen, kann in der Glühhitze kein Organismus bestehen; wir müssen es daher für höchst wahrscheinlich ansehen, dass weder auf der Sonne noch auf irgend einem der selbstleuchtenden Fixsterne oder sonstigen selbstleuchtenden Himmelskörper organisches Leben gefunden werden kann, sondern nur allein auf den durch Abkühlung dunkel gewordenen Planeten. Die Sonnen und Fixsterne sind also für die Planeten Licht- und Wärmequellen, welche auf denselben alles Leben und Wirken hervorbringen. Erst dann, wenn einmal eine Sonne durch Abkühlung eine feste Rinde erhalten hat, kann auf derselben organisches Leben zum Vorschein kommen.

Wenn man bedenkt, dass alle Weltkörper ihre Entstehung, ihre Bewegung, ihre Wärme- und Lichtzustände einem Gravitationsprozess verdanken; dass unsere Erde überdies die mächtigsten Motoren, Wasser, Wind und Dampfkraft, so wie auch den ganzen Reichthum an organischem Leben, der Licht- und der Wärmewirkung der Sonne, also in letzter Instanz abermals einem Gravitationsprozess verdankt: so erkennt man den kolossalen Umfang der Rolle, welche die Gravitationskraft im Weltganzen zu spielen bestimmt ist, und die bewunderungswürdige Einfachheit der Mittel, welche die Natur zur Erreichung ihrer grossen Zwecke in Anwendung zu bringen weiss.

**Berechnung der Wirkungsgröße, die einem Ballungsakt entspricht.** Die Berechnung der Wirkungsgrösse, die einem Ballungsakt entspricht, unterliegt keiner besonderen Schwierigkeit, wenn man sich erlaubt anzunehmen: 1) dass ursprünglich die Stofftheilchen so weit von einander entfernt sind, dass kein merklicher Fehler begangen wird, wenn man bei der Berechnung der Wirkungsgrösse sich so benimmt, wie wenn der Stoff ursprünglich, d. h. vor dem Ballungsakt unendlich weit zerstreut gewesen ist; 2) dass durch die Ballung ein kugelförmiges Gebilde entsteht, in welchem die Masse gleichförmig und continuirlich vertheilt ist.

Es sei $r_0$ die initiale Entfernung zweier Massentheilchen $m$ und $m_1$, $r$ deren Entfernung in irgend einem beliebigen Augenblick während des Ballungsaktes, $r_1$ ihre Entfernung in dem gebildeten Ball, $\lambda$ die Kraft, mit welcher sich vermöge der allgemeinen Gravitation zwei Masseneinheiten anziehen, wenn deren Entfernung gleich der Einheit ist. Dies vorausgesetzt, ist die Wirkung, welche entwickelt wird, indem die Massentheilchen aus der Entfernung $r_0$ in die Entfernung $r_1$ übergehen:

$$-\int_{r_0}^{r_1} \frac{m\ m_1\ \lambda}{r^2}\, d\, r$$

Verrichtet man die Integration, so findet man

$$\lambda\, m\ m_1 \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_0}\right)$$

Da wir annehmen, dass $r_0$ vielmal grösser ist, als $r_1$, d. h. dass das ursprüngliche Volumen der im Raum zerstreuten Materie vielmals grösser war als das Volumen der geballten Masse, so dürfen wir $\frac{1}{r_0}$ gegen $\frac{1}{r_1}$ vernachlässigen. Die Wirkung, welche den Massentheilchen $m$ und $m_1$ entspricht, wird demnach:

$$\frac{\lambda\ m\ m_1}{r_1}$$

Legen wir nun dem Zeichen $r_1$ den Sinn bei, dass es bedeutet die Entfernung irgend eines Massentheilchens der geballten Masse von dem Ort, den das ganz individuelle Massenatom $m$ in der geballten Masse einnimmt, so ist:

$$\lambda\, m\, S\, \frac{m_1}{r_1}$$

die Wirkung, welche während des Ballungsaktes durch die Annäherung aller Massenatome an das Atom $m$ entsteht. Diese Summe $S\, \frac{m_1}{r_1}$ kann nichts anderes sein, als eine gewisse Funktion der Entfernung des Atoms $m$ vom Mittelpunkt der Kugel, die durch den Ballungsakt entsteht. Berechnen wir diese Summe für jedes Massenatom $m$, multipliziren jede dieser Summen mit dem Produkt $m\, \lambda$ und machen hierauf die Summen aller Produkte $m\, \lambda\, S\, \frac{m_1}{r_1}$, so erhalten wir den zweifachen Werth der Totalwirkung $W$, welche dem ganzen Ballungsakt entspricht; es ist demnach:

$$W = \frac{1}{2}\, \Sigma \left[ m\ \lambda\ \left(S\ \frac{m_1}{r_1}\right)\right] \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Wir müssen nun diesem symbolischen Ausdrucke eine für die Ausrechnung seines Werthes geeignete Form geben.

Nennen wir:

$\varrho$ und $\varrho_1$ die Entfernungen der Atome $m$ und $m_1$ in der geballten Masse vom Mittelpunkt derselben;

$\Theta$ den Winkel, welchen die Radien $\varrho$ und $\varrho_1$ gegen einander bilden; so ist:

$$r_1^2 = \varrho^2 + \varrho_1^2 - 2\ \varrho\ \varrho_1 \cos \Theta \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Legen wir durch den Radius $\varrho$ irgend eine fixe Ebene und bezeichnen durch $\omega$ den Neigungswinkel derselben mit der Ebene des Dreiecks, das durch die drei Linien $\varrho\ \varrho_1\ r_1$ gebildet wird, und betrachten $m_1$ als diejenige Masse, welche in dem Raum eingeschlossen ist, der durch die drei unendlich kleinen Dimensionen $\varrho_1 \, d\Theta$, $d\varrho_1$, $\sin\Theta \, d\omega$ bestimmt wird, so können wir schreiben:

$$m_1 = \mu \, \varrho_1 \, d\Theta \, d\varrho_1 \, \varrho_1 \sin\Theta \, d\omega$$

$$m_1 = \mu \, \varrho_1^2 \sin\Theta \, d\varrho_1 \, d\Theta \, d\omega \quad \ldots \ldots \quad (3)$$

wobei $\mu$ die Masse bedeutet, welche die Volumeneinheit der geballten Masse enthält.

Wir können daher schreiben:

$$S \frac{m_1}{r_1} = \mu \iiint \frac{\varrho_1^2 \sin\Theta \, d\varrho_1 \, d\Theta \, d\omega}{\sqrt{\varrho^2 + \varrho_1^2 - 2\varrho\varrho_1 \cos\Theta}} \quad \ldots \quad (4)$$

Da diese Summe auf den ganzen Ball auszudehnen ist, so sind die Integrationen auszuführen:

für $\varrho_1$ von $0$ bis $R$
„ $\omega$ „ $0$ „ $2\pi$
„ $\Theta$ „ $0$ „ $\pi$

wobei $R$ den Halbmesser des Balles bezeichnet.

Die Integration in Bezug auf $\omega$ gibt:

$$S \frac{m_1}{r_1} = \pi \mu \iint \frac{\varrho_1^2 \sin\Theta \, d\varrho_1 \, d\Theta}{\sqrt{\varrho^2 + \varrho_1^2 - 2\varrho\varrho_1 \cos\Theta}}$$

Nun ist:

$$\sin\Theta \, d\Theta = -d(\cos\Theta)$$

demnach:

$$S \frac{m_1}{r_1} = \pi \mu \int \varrho_1^2 d\varrho_1 \left( \int \frac{-d(\cos\Theta)}{\sqrt{\varrho^2 + \varrho_1^2 - 2\varrho\varrho_1 \cos\Theta}} \right)$$

Allgemein ist:

$$\int \frac{-d(\cos\Theta)}{\sqrt{\varrho^2 + \varrho_1^2 - 2\varrho\varrho_1 \cos\Theta}} = \frac{2}{2\varrho\varrho_1} \sqrt{\varrho^2 + \varrho_1^2 - 2\varrho\varrho_1 \cos\Theta}$$

demnach:

$$\int_0^\pi \frac{-d(\cos\Theta)}{\sqrt{\varrho^2 + \varrho_1^2 - 2\varrho\varrho_1 \cos\Theta}} = \frac{1}{\varrho\varrho_1} \left[ (\varrho + \varrho_1) - (\varrho - \varrho_1) \right] = \frac{2}{\varrho}$$

und folglich erhalten wir:

$$S \frac{m_1}{r_1} = 2\pi\mu \int_0^R \frac{2\varrho_1^2 d\varrho_1}{\varrho} = \frac{4\pi\mu}{\varrho} \frac{R^3}{3}$$

Diesen Werth in (1) eingeführt, erhält man:

$$W = \frac{1}{2} \Sigma m \lambda \frac{3\pi\mu}{\varrho} \frac{R^3}{3} = \frac{2}{3} \pi \lambda \mu R^3 \Sigma \frac{m}{\varrho} \quad \ldots \quad (5)$$

Denken wir uns mit $\varrho$ und $\varrho + d\varrho$ zwei Kugelflächen beschrieben, so ist die zwischen denselben enthaltene Masse gleich $4\varrho^2 \pi \, d\varrho \, \mu$. Der Antheil der Summe $\Sigma \frac{m}{\varrho}$, welcher dieser Masse entspricht, ist demnach $4 \varrho \pi \mu \, d\varrho$ und der Totalwerth ist:

$$\Sigma \frac{m}{\varrho} = \int_0^R 4\,\pi\,\mu\,\varrho\,d\,\varrho = 2\,\pi\,\mu\,R^2$$

Wir erhalten demnach:

$$W = \frac{2}{3}\,\pi\,\lambda\,\mu\,R^3 .\, 2\,\pi\,\mu\,R^2 = \frac{4}{3}\,\pi^2\,\mu^2\,\lambda\,R^5 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

woraus man zunächst ersieht, dass die Ballungswirkung der fünften Potenz des Radius von dem entstandenen Ball proportional ist, also bei grossen Bällen ungemein gross wird.

**Temperatur des Balles.** Nimmt man an, dass die ganze Wirkung zuletzt, wenn die Ballung geschehen ist, in den Aether der Dynamiden übergeht und Schwingungen erzeugt, die der Wärme entsprechen, und dass alle Dynamiden in gleicher Weise erschüttert werden, so dass in allen gleiche Temperaturen eintreten, so lässt sich diese Temperatur $u_0$ leicht berechnen.

Nennt man $\mathfrak{G}$ die Wärmemenge (in Wärmeeinheiten ausgedrückt), welche erforderlich ist um einer Masseneinheit des Balles eine Temperaturerhöhung von einem Grad zu ertheilen, so ist: $\frac{4}{3} R^3 \pi \mu \mathfrak{G} u_0$ die Wärmemenge, welche erforderlich ist, um der Masse $\frac{4}{3} R^3 \pi \mu$ des Balles eine Temperaturerhöhung von $u_0$ Grad zu ertheilen. Nennt man weiter $k = 424^{Klgm}$ die Wirkungsgrösse, welche einer Wärmeeinheit entspricht, so ist:

$$\frac{4}{3}\,R^3\,\pi\,\mu\,\mathfrak{G}\,u^0\,k$$

die in Kilogrammmetern ausgedrückte Wirkungsgrösse, welche erforderlich ist, um die geballte Masse von $0^0$ Temperatur bis $u_0$ Grad zu erwärmen. Wenn wir annehmen, dass die ursprüngliche Temperatur der Materie $0^0$ war, so erhalten wir demnach:

$$W = \frac{4}{3}\,\pi^2\,\lambda\,\mu^2\,R^5 = \frac{4}{3}\,R^3\,\pi\,\mu\,\mathfrak{G}\,u_0\,k$$

Demnach:

$$u_0 = \frac{\pi\,\lambda\,\mu\,R^2}{k\,\mathfrak{G}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

Hiermit ist nun die Temperatur der geballten Masse berechnet, und man sieht, dass dieselbe dem Quadrat des Halbmessers des Balles proportional ist, dass sich demnach die mittleren Temperaturen der Weltkörper wie die zweiten Potenzen ihrer Halbmesser oder wie ihre Oberflächen verhalten.

**Numerische Rechnungen. Relative Werthe.** Nimmt man an, dass $\mathfrak{G}$ für alle Planeten und für die Sonne den gleichen Werth hat, so findet man nach den bekannten Massen und Durchmessern dieser Weltkörper die nachstehenden Resultate (Ettingshausen's Physik, Seite 198):

| | Durchmesser $2R$ | Masse $\frac{4}{3} R^3 \pi \mu$ | Initialtemperatur $u_0$ |
|---|---|---|---|
| Merkur . . . | 0·39 | 0·16 | 0·40 |
| Venus . . . . | 0·97 | 0·92 | 0·95 |
| Erde . . . . | 1·00 | 1·00 | 1·00 |
| Mars . . . . | 0·56 | 0·13 | 0·23 |
| Jupiter . . . . | 11·56 | 340 | 30·00 |
| Saturn . . . . | 9·61 | 98 | 12·00 |
| Uranus . . . . | 4·26 | 17 | 4·00 |
| Sonne . . . . | 110 | 354936 | 3226 |

**Die absoluten Werthe der initialen Temperaturen.** Wendet man die Formel (7) auf die Erde an, so hat man:

Halbmesser der Erde . . . . $R = 6366200$ Meter.

Nennen wir $M$ die Masse der Erde, $q$ das Gewicht eines gewissen Körpers an der Oberfläche der Erde, an einem Ort, wo die Beschleunigung beim freien Fall $g = 9{\cdot}808^m$ beträgt, $m$ die Masse dieses Körpers, mithin $m = \frac{q}{2g}$, so ist:

$$\lambda \frac{M m}{R^2} = q, \quad \lambda = \frac{q R^2}{M m}$$

Es ist aber:

$$M = \frac{4}{3} R^3 \pi \mu, \quad m = \frac{q}{2g}$$

demnach wird:

$$\lambda = \frac{6g}{4\pi\mu} \cdot \frac{1}{R}$$

Führt man diesen Werth von $\lambda$ in (7) ein, so findet man:

$$u_0 = \frac{6}{4} \frac{g}{\mathfrak{G} k} \cdot R \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (8)$$

$\mathfrak{G}$ ist die Anzahl der Wärmeeinheiten, welche erforderlich sind, um einer Masseneinheit eines Körpers eine Temperaturerhöhung von einem Grad zu ertheilen. Aber nach unserer Art der Massenmessung ist eine Masseneinheit gleich der Masse eines Körpers, der an einem Ort, wo die Beschleunigung durch den freien Fall $g = 9{\cdot}808^m$ beträgt, $2 \times 9{\cdot}808 = 20^{Klg}$ (nahe) wiegt. $\mathfrak{G}$ ist mithin die Anzahl der Wärmeeinheiten, die erforderlich sind, um $20^{Klg}$ Erdmasse eine Temperaturerhöhung von einem Grad zu ertheilen. Nimmt man an, dass die Erdmasse grösstentheils aus geschmolzener Erde besteht, so kann man die Wärmekapazität von $1^{Klg}$ Gewicht $= 0{\cdot}2$ (Wasser $= 1$) annehmen, und dann ist $\mathfrak{C} = 20 \times 0{\cdot}2 = 4$.

Setzt man in (8) $R = 6366200$, $\mathfrak{C} = 4$, $g = 9{\cdot}808$. $k = 424$, so findet man:

$$u_0 = \frac{6 \times 9{\cdot}808 \times 6366200}{4 \times 4 \times 424} := 55200 \text{ Grad}$$

Hieraus sieht man, dass der Ballungsakt, selbst bei der nicht besonders grossen Erde, mit einer Energie geschieht, die eine Initialtemperatur von 55200 Graden hervorzubringen vermag.

Vermittelst der Tabelle (Seite 285) und der so eben für die Erde gefundenen Initialtemperatur ergeben sich nun für die übrigen Planeten und für die Sonne nachstehende absolute Werthe:

| | $u_0$ Absolute Werthe. |
|---|---|
| Merkur . , . . . . . . . | 22080° |
| Venus . . . . . . . . . | 52440° |
| Erde . . . . . . . . . | 55200° |
| Mars . . . . . . . . . . | 12696° |
| Jupiter . . . . . . . . | 1656000° |
| Saturn . . . . . . . . . | 662400° |
| Uranus . . . . . . . . . | 210800° |
| Sonne . . . . . . . . . . | 178075200° |

Die Initialtemperatur der Sonne übersteigt, wie man sieht, alle Vorstellungen.

**Der Abkühlungsprozeß.** Um die Temperatur zu berechnen, welche in den Weltkörpern durch die Abkühlung in dem kalten Weltraum entsteht, wollen wir die Ergebnisse benützen, welche Poisson in seinen Abhandlungen über die Wärmevertheilung gefunden hat. Im Journal de l'école polytechnique, tome XII, page 317, untersuchte Poisson die Abkühlung einer homogenen Kugel, welche initial so erwärmt ist, dass die Temperatur jedes Punktes, dessen Entfernung vom Mittelpunkt gleich $r$ ist, durch eine gegebene Funktion von $r$ [durch $f(r)$] ausgedrückt wird. Die Rechnung zeigt, dass die Temperatur $u$ eines Punktes, dessen Entfernung gleich $r$ ist, nachdem die Abkühlung durch eine Zeit $t$ gedauert hat, ausgedrückt werden kann durch eine Summenformel, in welcher nebst verschiedenen Constanten, $t$ $r$ und eine gewisse Grösse $\varrho$ erscheint. Das Summenzeichen bezieht sich auf $\varrho$, und die sämmtlichen Werthe von $\varrho$, auf welche sich das Summenzeichen bezieht, sind die unendlich vielen Wurzeln einer gewissen transcendenten Gleichung. Allein wenn man eine sehr lange Abkühlungszeit annimmt, hat nur ein einziges

Glied der Summe einen erheblichen Werth, und zwar ist es dasjenige, welches der kleinsten Wurzel der transcendenten Gleichung entspricht.

Der Grenzzustand der Erwärmung nähert sich daher einem gewissen Werthe, der durch ein einziges Glied ausgedrückt werden kann und diesen Werth wollen wir zu unseren Betrachtungen benützen.

Nennt man:

$R$ den Halbmesser der Erde;

$a$ den Wärmeleitungscoeffizienten des Materials, aus welchem die Kugel besteht;

$b$ den Wärmeausstrahlungscoeffizienten;

$t$ die Abkühlungszeit, die also sehr gross gedacht wird;

$f(r)$ das Gesetz der initialen Erwärmung der Kugel, d. h. der Erwärmung zur Zeit $t = 0$;

$r$ die Entfernung eines beliebigen Punktes der Kugel vom Centrum;

$u$ die Temperatur zur Zeit $t$ in der Entfernung $r$;

$0$ die Temperatur des Weltraums;

so ist für den oben bezeichneten Grenzzustand:

$$u = \frac{2}{R\,r}\, e^{-\frac{a^2 \pi^2}{R^2} t} \left(\sin\frac{\pi r}{R} - \frac{\pi r}{bR^2}\cos\frac{\pi r}{R}\right) \int_0^R \sin\frac{\pi r}{R} f(r)\, r\, dr \quad . \ (9)$$

Nehmen wir nun an, im Initialzustand sei in der ganzen Kugelmasse eine constante Temperatur $u_0$ vorhanden gewesen, so ist $f(r) = u_0 =$ constant, und dann wird:

$$\int_0^R \sin\frac{\pi r}{R} f(r)\, r\, dr = \frac{u_0}{\pi} R^2$$

folglich wegen (9):

$$u = \frac{2\,u_0}{\pi\, r} R \left(\sin\frac{\pi r}{R} - \frac{\pi r}{bR^2}\cos\frac{\pi r}{R}\right) e^{-\frac{a^2 \pi^2}{R^2} t} \quad \ldots \ (10)$$

Bezeichnen wir die Temperatur im Mittelpunkt mit $\left(\begin{smallmatrix} u \\ r = 0 \end{smallmatrix}\right)$, an der Oberfläche mit $\left(\begin{smallmatrix} u \\ r = R \end{smallmatrix}\right)$, so folgt aus (1):

$$\left(\begin{matrix} u \\ r = 0 \end{matrix}\right) = 2\,u_0\, e^{-\frac{a^2 \pi^2}{R^2} t} \quad \ldots \ (11)$$

$$\left(\begin{matrix} u \\ r = R \end{matrix}\right) = \frac{2\,u_0}{b\,R}\, e^{-\frac{a^2 \pi^2}{R^2} t} \quad \ldots \ (12)$$

Allein wir haben früher gefunden (Gleichung 7):

$$u_0 = \frac{\pi \lambda \mu R^2}{k \mathfrak{G}}$$

daher wird:

$$\left(\begin{matrix} u \\ r = 0 \end{matrix}\right) = \frac{2 \pi \lambda \mu}{k \mathfrak{G}} R^2 e^{-\frac{a^2 \pi^2}{R^2} t} \quad \ldots \ldots \quad (13)$$

$$\left(\begin{matrix} u \\ r = R \end{matrix}\right) = \frac{2 \pi \lambda \mu}{k \mathfrak{G} b} R e^{-\frac{a^2 \pi^2}{R^2} t} \quad \ldots \ldots \quad (14)$$

Die Exponentialgrösse $e^{-\frac{a^2 \pi^2}{R^2} t}$ wächst mit $R$, und zwar in einem starken Maasse; daher finden wir aus den Ausdrücken (13), (14), dass die Grenztemperaturen, welchen die Weltkörper sich nach und nach nähern, bei den grossen Körpern vielmals grösser sind als bei den kleinen Körpern.

Aus dem Ausdruck (9) für $u$ folgt; wenn man $r = 0$ setzt:

$$\left(\begin{matrix} u \\ r = 0 \end{matrix}\right) = 2 u_0 \left(1 - \frac{1}{b R}\right) e^{-\frac{a^2 \pi^2}{R^2} t} \quad \ldots \ldots \quad (15)$$

Durch Division der Ausdrücke (9) und (15) ergibt sich:

$$u = \left(\begin{matrix} u \\ r = 0 \end{matrix}\right) \frac{\frac{1}{\pi} \frac{R}{r} \sin \pi \frac{r}{R} - \frac{1}{b R} \cos \pi \frac{r}{R}}{1 - \frac{1}{b R}} \quad \ldots \ldots \quad (16)$$

Für die Erde wie für jeden Weltkörper ist $\frac{1}{b R}$ eine gegen die Einheit verschwindend kleine Grösse; daher erhält man annähernd:

$$u = \left(\begin{matrix} u \\ r = 0 \end{matrix}\right) \frac{\sin \pi \frac{r}{R}}{\pi \frac{r}{R}} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (17)$$

Dieser Ausdruck bestimmt das Gesetz, nach welchem die Temperatur vom Mittelpunkt an gegen die Oberfläche der Kugel hin abnimmt.

Durch Differenziation des Ausdruckes (17) findet man:

$$\frac{d u}{d r} = \frac{\left(\begin{matrix} u \\ r = 0 \end{matrix}\right)}{r} \left[ \cos \pi \frac{r}{R} - \frac{\sin \pi \frac{r}{R}}{\pi \frac{r}{R}} \right] \quad \ldots \ldots \quad (18)$$

Dieser Ausdruck gibt an, um wie viel die Temperatur ab nimmt, wenn man sich um eine Längeneinheit vom Mittelpunkt der Kugel weiter entfernt.

Am Mittelpunkt selbst ist $r = 0$ und wird:

$$\left(\frac{d\,u}{d\,r}\right)_{r=0} = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \qquad (19)$$

An der Oberfläche ist $r = R$ und wird:

$$\left(\frac{d\,u}{d\,r}\right)_{r=R} = -\frac{\left(\begin{matrix}u\\ r=0\end{matrix}\right)}{R} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \qquad (20)$$

Diese Berechnungen über die Abkühlung sind nur als ungefähre Schätzungen zu betrachten, indem die theoretischen Formeln unter der Voraussetzung gewonnen wurden, dass die ganze Masse der Kugel in jeder Hinsicht vollkommen homogen ist, was bei der Erde und bei den übrigen Weltkörpern nicht der Fall ist.

**Wärmeerzeugung durch mechanistische Vorgänge.** Wärme wird erzeugt, 1) wenn zwei Körper aneinander gerieben werden, 2) wenn ein metallischer Körper heftig gehämmert wird, 3) wenn Luft oder irgend eine Gasart rasch komprimirt wird. Allein da einer Wärmeeinheit ein mechanisches Aequivalent von $424^{\text{Klgm}}$ entspricht, so erkennt man sogleich, dass die Wärmerregung durch mechanische Einwirkungen wohl selten mit Vortheil anwendbar sein kann, denn eine Pferdekraft müsste durch $\frac{7000 \times 424}{75} = 40000$ Sekunden oder durch circa 10 Stunden thätig sein, um eine Wirkung zu erzeugen, die einem Kilogramm Steinkohlen entspricht. Für die grosse Industrie ist also die Wärmeerzeugung durch mechanische Vorgänge von keiner Bedeutung.

**Wärmeerzeugung durch chemische Prozesse.** Chemische Prozesse sind ohne Ausnahme von Wärmeerscheinungen begleitet. Meistens zeigen sich Temperaturerhöhungen und zuweilen in einem ausserordentlich hohen Grade. Dies ist insbesondere der Fall bei den Verbrennungsprozessen gewisser Stoffe in atmosphärischer Luft oder in Sauerstoffgas. Diese Wärmeerscheinungen erklären sich aus unserer atomistischen Anschauung ganz ungezwungen. Jede chemische Verbindung besteht in der Bildung von Molekülen. Die Atome, welche ein Molekül bilden, befinden sich vor dem Akt der Verbindung an gewissen Orten in beträchtlicher Entfernung von einander. Im Molekül dagegen sind sie ganz nahe nebeneinander gelagert. Während des Prozesses sind sie demnach aus grossen Entfernungen in ungemein kleine Entfernungen übergegangen; und da wir bei Stoffen, die eine energische chemische Verwandtschaft haben, annehmen müssen, dass deren Atome, wenn sie einander näher kommen, sich ungemein energisch anziehen, so müssen nach dem Fundamentalbegriff von der Arbeit einer Kraft bei der Entstehung eines Moleküls aus Atomen Wirkungsgrössen entwickelt werden. Allein wenn ein System von Punkten aus einem Zustand A in einen Zustand Z übergeht und dabei die Kräfte Arbeiten produziren, muss eine Erhöhung der lebendigen Kräfte der Massen des Systems eintreten, es müssen also, wenn der Prozess vorüber ist, entweder die Körperatome oder die Aetheratome oder beide Arten von Atomen in einem heftig bewegten Zustand sich befinden. Diese drei Fälle sind nicht nur logische Möglichkeiten, sondern sie kommen auch in der Wirklichkeit vor. In den meisten Fällen wird jedoch die durch die chemische Anziehung entwickelte Arbeit auf den Aether übertragen, wodurch in den Dynamiden heftige Radialschwingungen entstehen, d. h. es wird durch den chemischen Vorgang Wärme erzeugt.

Das so eben Gesagte lässt sich durch Rechnung prinzipiell sehr wohl verfolgen.

Angenommen, es erfolge eine chemische Verbindung zweier Gase A und B und jedes Molekül der Verbindung enthalte ein Atom des Gases A und ein Atom des Gases B. Die Atomgewichte der Gase seien $q$ $q_1$, die Wärmekapazitäten der Gase $c$ und $c_1$, die Anzahl der Moleküle der Verbindung $J$, die Gewichte der Stoffmengen, welche in Verbindung getreten sind, $Q$ und $Q_1$ oder es ist $Q = J q$, $Q_1 = J q_1$. Die Entfernung zweier Atome, die zu einem Molekül zusammentreten $r_0$ vor, $r_1$ nach geschehener Verbindung, $r$ deren Entfernung in irgend einem Augenblick während des Aktes, so ist die Kraft, mit welcher sich die beiden Dynamiden in dem Moment anziehen, wenn ihre Entfernung $r$ ist, gleich $q\, q_1\, f(r)$ zu setzen, wobei $f(r)$ eine zwar nicht bekannte Funktion andeutet, von der man jedoch weiss, dass ihr Werth sehr gross ist, wenn $r$ sehr klein, dagegen verschwindend klein, wenn $r$ einen wahrnehmbaren Werth hat. Es ist demnach

$$\int_{r_0}^{r_1} q\, q_1\, f(r)\, dr$$

die Arbeit, welche durch die Bildung eines einzelnen Moleküls entwickelt wird, und da für alle Moleküle $r_0$, $r_1$ die gleichen Werthe haben, so entspricht der Bildung jedes Moleküles einerlei Arbeit. Die Arbeit für die Bildung aller $J$ Moleküle ist demnach:

$$J \int_{r_0}^{r_1} q\, q_1\, f(r)\, d\, r$$

Will man diese Arbeit auf Wärmeeinheiten reduziren, so hat man diesen Ausdruck nur durck $k = 424$, d. h. durch die Arbeit, welche einer Wärmeeinheit entspricht, zu dividiren.

Die in Wärmeeinheiten ausgedrückte Arbeit des chemischen Prozesses ist demnach

$$\frac{J}{k} \int_{r_0}^{r_1} q\, q_1\, f(r)\, d\, r$$

Sind nun $t$ und $t_1$ die Temperaturen der Gase vor ihrer Vereinigung, $T$ die Temperatur des Verbindungsgases, so ist $J\,(q\,c\,t + q_1\,c_1\,t_1)$ die in den Gasen vor ihrer Vereinigung enthaltene lebendige Kraft und $J\,(q\,c + q_1\,c_1)$ die lebendige Kraft des in der Verbindung enthaltenen Aethers demnach $J\,T\,(q\,c + q_1\,c_1) - J\,(q\,c\,t + q_1\,c_1\,t_1)$ gleich der Aenderung der lebendigen Kraft, aber ausgedrückt in Wärmeeinheiten. Nach dem Prinzip der Thätigkeit ist daher zu setzen:

$$\frac{J}{k} \int_{r_0}^{r_1} q\, q_1\, f(r)\, d\, r = J\,(q\,c + q_1\,c_1)\,T - J\,(q\,c\,t + q_1\,c_1\,t_1)$$

und hieraus folgt:

$$T = \frac{\frac{J}{k} \int_{r_0}^{r_1} q\, q_1\, f(r)\, d\, r + J\,(q\,c\,t + q_1\,c_1\,t_1)}{J\,(q\,c + q_1\,c_1)} \quad . \; . \; . \; (1)$$

oder auch, weil $J\,q = Q$, $J\,q_1 = Q_1$ ist:

$$T = \frac{\frac{Q}{k} \int_{r_0}^{r_1} q_1\, f(r)\, d\, r + Q\,c\,t\,Q_1\,c_1\,t_1}{Q\,c + Q_1\,c_1} \quad . \; . \; . \; . \; (2)$$

oder:

$$T = \frac{\frac{1}{k} \int_{r_0}^{r_1} q_1\, f(r)\, d\, r + c\,t + \frac{Q_1}{Q}\,c_1\,t_1}{c + \frac{Q_1}{Q}\,c_1} \quad . \; . \; . \; . \; (3)$$

Nennt man allgemein:

$W$ die Wärmemenge, die durch einen chemischen Vorgang entwickelt wird,

$Q_1$ $Q_2$ $Q_3$ .... die Stoffmengen, in Kilogrammen, welche bei dem Verbrennungsakt anwesend sind,

$c_1$ $c_2$ $c_3$ .... die Wärmekapazitäten dieser Stoffe,

$t_1$ $t_2$ $t_3$ .... die Temperaturen der Stoffe vor der Verbrennung,

T die Temperatur der Verbrennungsgase,

so hat man allgemein statt der Gleichung (1)

$$T = \frac{W + \Sigma\, Q\, c\, t}{\Sigma\, Q\, c} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

Diese Resultate sind jedoch nur unter der Voraussetzung gefunden, dass die ganze Arbeit, die aus der Verbindung der Stoffe entsteht, nur allein Aetherschwingungen (und zwar radiale) veranlasst. Sollten bei dem chemischen Vorgang auch Schwingungen der Körpermoleküle eintreten oder Aenderungen in den Atomgruppirungen die Arbeit konsumiren, so würde die Rechnung zu modifiziren sein.

Die Physiker und Chemiker betrachten die chemischen Vorgänge und insbesondere auch die Verbrennungsakte rein empirisch oder phoronomisch als äusserliche Erscheinungen, sie denken nicht im Entferntesten an das, was eigentlich dabei geschieht, sie haben keine Ahnung von den höchst energischen Kraftentwickelungen, die dabei vorkommen. Obgleich sie wissen, dass durch Verbrennung von $1^{\text{Klg}}$ Kohle 7000 Wärmeeinheiten entwickelt werden und dass jeder Wärmeeinheit $424^{\text{Klgm}}$ entsprechen, dass also die Verbrennung von $1^{\text{Klg}}$ Steinkohlen $7000 \times 424 = 2968000^{\text{Klgm}}$ Arbeit gibt, so kommt es ihnen doch noch nicht in den Sinn, sich die chemische Verwandtschaft als eine Kraft zu denken.

**Chemische Prozesse mit und ohne Aetherausscheidung.** Wenn mehrere Stoffquantitäten $Q_1$ $Q_2$ $Q_3$ ...., deren Wärmekapazitäten $c_1$ $c_2$ $c_3$ .... sind, eine chemische Verbindung eingehen und dadurch ein Stoff entsteht, dessen Wärmekapazität C ist, so ist die Aethermenge, welche in den Stoffen vor der Verbindung enthalten ist, $Q_1 c_1 + Q_2 c_2 + Q_3 c_3 + \ldots$, dagegen die Aethermenge des durch die Verbindung entstandenen Stoffes $(Q_1 + Q_2 + Q_3 + \ldots)\, C$. Sind diese Aethermengen gleich gross, so ist die Verbindung ohne Aetherausscheidung erfolgt. Ist dagegen die erstere dieser Aethermengen grösser oder kleiner als die letztere, so muss im ersteren Falle eine Aetherausscheidung, im letzteren eine Aetheraufnahme (aus der Umgebung) stattgefunden haben.

Für Wassergas, das aus Wasserstoff und Sauerstoff entstanden ist, hat man: (Dynamiden, Seite 33)

$Q = 8 \quad Q_1 = 1$
$C = 0{\cdot}4750$
$c = 0{\cdot}2182 \quad c_1 = 3{\cdot}4046$

demnach: Differenz

$Q\,c + Q_1\,c_1 = 5{\cdot}1502, \quad (Q + Q_1)\,C = 4{\cdot}2750$ . . . . . . . $+\ 0{\cdot}8752$

Für Kohlenoxydgas ist:

$Q = 6 \quad Q_1 = 8$
$C = 0{\cdot}2479$
$c = 0{\cdot}2411 \quad c_1 = 0{\cdot}2182$

demnach:

$Q\,c + Q_1\,c_1 = 3{\cdot}1922, \quad (Q + Q_1)\,C = 3{\cdot}4706$ . . . . . . . $-\ 6\,2784$

Für Kohlensäurebildung ist:

$Q = 6 \quad Q_1 = 16$
$C = 0{\cdot}2164$
$c = 0{\cdot}2411 \quad c_1 = 0{\cdot}2182$

demnach:

$Q\,c + Q_1\,c_1 \neq 4{\cdot}9378, \quad (Q + Q_1)\,C = 4{\cdot}7708$ . . . . . . $+\ 0{\cdot}1670$

Für schwefeligsaures Gas ist:

$Q = 16 \quad Q_1 = 16$
$C = 0{\cdot}1262$
$c = 0{\cdot}2026 \quad c_1 = 0{\cdot}2182$

demnach:

$Q\,c + Q_1\,c_1 = 6{\cdot}7328, \quad (Q + Q_1)\,C = 4{\cdot}0385$ . . . . . . . . $+\ 1{\cdot}7544$

Für Schwefelhydrogen ist:

$Q = 1 \quad Q_1 = 16$
$C = 0{\cdot}2376$
$c = 3{\cdot}4046 \quad c_1 = 0{\cdot}2026$

demnach:

$Q\,c + Q_1\,c_1 = 6{\cdot}6462, \quad (Q + Q_1)\,C = 4{\cdot}0392$ . . . . . . . . $+\ 2{\cdot}5070$

Für salzsaueres Gas ist:

$Q = 35{\cdot}4 \quad Q_1 = 1$
$C = 0{\cdot}2219$
$c = 0{\cdot}1141 \quad c_1 = 3{\cdot}4046$

demnach:

$Q\,c + Q_1\,c_1 = 7{\cdot}444, \quad (Q + Q_1)\,C = 8{\cdot}0772$ . . . . . . . . $-\ 0{\cdot}6332$

Für Stickoxydulgas ist:

$Q = 14 \quad Q_1 = 8$
$C = 0{\cdot}2240$
$c = 0{\cdot}2440 \quad c_1 = 0{\cdot}2182$

demnach:

$Q\,c + Q_1\,c_1 = 5{\cdot}1616, \quad (Q + Q_1)\,C = 4{\cdot}9280$ . . . . . . . . $+\ 0{\cdot}2336$

Für Stickoxydgas ist:

$Q = 14 \quad Q_1 = 16$
$C = 0{\cdot}2692$
$c = 0{\cdot}2440 \quad c_1 = 0{\cdot}2182$

demnach:

$Q\,c + Q_1\,c_1 = 6{\cdot}9172, \quad (Q + Q_1)\,C = 8{\cdot}0760$ . . . . . . . . $-\ 1{\cdot}1588$

Für Ammoniakgas ist:

$Q = 14 \quad Q_1 = 3$

$C = 0{\cdot}4751$

$c = 0{\cdot}2440 \quad c_1 = 3{\cdot}4046$

demnach:

Differenz

$Qc + Q_1 c_1 = 13{\cdot}6298 \ (Q + Q_1)\, C = 8{\cdot}0767$ . . . . . . . . $+ 5{\cdot}5531$

Für Cyangas ist:

$Q = 12 \quad Q_1 = 14$

$C = 0{\cdot}1553$

$c = 0{\cdot}1070 \quad c_1 = 0{\cdot}2440$

demnach:

$Qc + Q_1 c_1 = 4{\cdot}7000, \ (Q + Q_1)\, C = 5{\cdot}5908$ . . . . . . . . $- 0{\cdot}8908$

Hieraus geht hervor, dass manche Gasbildungen mit Aetherausscheidung, andere mit Aetheraufnahme erfolgen. Die Wasserbildung geschieht mit Aetherausscheidung.

---