

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

Der Maschinenbau

Redtenbacher, Ferdinand

Mannheim, 1863

Vierter Abschnitt. Mechanistische Wärmetheorie

[urn:nbn:de:bsz:31-270981](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-270981)

VIERTER ABSCHNITT.

Mechanistische Wärmetheorie.

Die Wärmelehre der Physiker. Die Physiker haben die Erscheinungen und Wirkungen, welche die Wärme hervorbringt, nach allen Seiten hin durch Beobachtungen und Experimente verfolgt. Sie haben diese Erscheinungen und Wirkungen auch der Quantität nach bestimmt, so dass wir nun ein ganzes Heer von Zahlen besitzen, durch welche die Wärmewirkungen gemessen werden können. Auch fehlt es nicht an einer reichhaltigen Nomenklatur zur Benennung all der verschiedenen charakteristischen Vorgänge. Allein die Anschauungen und Begriffe fehlen in dieser Wärmelehre der Physiker gänzlich. Ihre Benennungen sind nur Schalle, bei denen man sich nichts vorzustellen weiss. Man spricht von Temperatur, Wärmecapazität, von fühlbarer oder gebundener oder latenter Wärme, von Wärmeleitung und Wärmestrahlung, von Reflektion und Brechung der strahlenden Wärme, von Emission und Absorption, von Transmission und Zerstreuung, von Polarisation, Interferenz und Beugung u. s. f., endlich spricht man in neuerer Zeit vielfach den Satz aus, Wärme sei Arbeit und einer Wärmeeinheit entspreche ein mechanisches Äquivalent von so und so viel Kilogrammmetern. Allein all diese Benennungen deuten nur auf gewisse äussere Erscheinungen hin, die man durch gewisse Operationen hervorrufen kann; über das innere Wesen dessen, was diese Vorgänge bedingt, ist damit nicht das Geringste ausgesprochen. Kurz, die Wärmelehre der Physiker steht noch ganz im Gebiet der Empirie und Induktion, befriedigt daher eben so wenig in wissenschaftlicher Hinsicht, als für die praktisch-technischen Bedürfnisse. Man ist in einer misslichen Lage, wenn man es mit einem ganz

unbekannten Naturwesen zu thun hat, wenn man es beherrschen und für wissenschaftliche wie praktische Zwecke nutzbar machen will. Man steht diesem verborgenen Wesen gedankenlos gegenüber oder bildet sich ganz unrichtige Vorstellungen, wie z. B. die ist, dass man bis auf die neueste Zeit geglaubt hat, dass durch die Dampfkraft die Wärme äusserst vollkommen benützt würde, und dass es sich nur noch darum handle, diese Minima's von Unvollkommenheiten, mit welchen diese Dampfmaschinen noch behaftet sind, zu beseitigen. Mit der alten Wärmelehre der Physiker steht man der calorischen Maschine so unwissend gegenüber, dass man gar keine Ahnung hat, wo das hinaus soll, nach was man streben soll. Wir können aber die Benützung der Wärme nicht aufschieben, bis die Physiker eine richtige Theorie der Wärme werden aufgefunden haben, sondern müssen uns behelfen, durch alle Mittel, die uns zu fördern im Stande sind.

Dieses theils wissenschaftliche, theils praktische Bedürfniss hat mich vor mehr als 20 Jahren angeregt, mir über das Wesen der Wärme eine bestimmte Anschauung zu bilden, die als leitender Gedanke oder als Hypothese dienen könnte, zur Erklärung der Wärmeerscheinungen, zum Verständniss und zur Verarbeitung des That-sachen-Materials über die Wärme.

Die ersten Anfänge meiner Anschauung über das Wesen der Wärme habe ich vor 15 Jahren in einem Kreise eines wissenschaftlichen Vereins mitgetheilt. Etwas weiter fortgebildet ist dieselbe in meinem Werke dargestellt, das den Titel „Dynamidensystem“ führt. Einlässlicher will ich nun noch in Folgendem diesen Gegenstand behandeln, um für die technische Benutzung der Wärme ein leitendes Prinzip zu gewinnen.

Die Aethermedien. Meine Wärmetheorie beruht auf der atomistischen Anschauung, welche ich in den Prinzipien der Mechanik und in dem Werke über die Dynamiden erklärt habe. Nach dieser Anschauung bestehen alle Körpersubstanzen theils aus Körperatomen, theils aus Aetheratomen. Ich nehme an, dass die chemisch einfachen Stoffe kleine Körperchen enthalten (Atome), die wohl theilbar sein mögen, die man aber bis jetzt noch nicht zu theilen vermochte, die sich also bei allen physikalischen, chemischen und mechanistischen Vorgängen wie untheilbare Einheiten verhalten. Diese Atome sind träg, unterliegen der Kraft der Schwere und ziehen sich wechselseitig mit Kräften an, die nur in ganz unmessbar kleinen Entfernungen der Atome eine grosse Energie zeigen. Die Kräfte, mit welchen sich gleichartige Atome anziehen, nenne ich physika-

lische Anziehung; die Anziehungskräfte zwischen heterogenen Atomen, chemische Anziehung oder chemische Affinität.

Der Aether besteht aus Atomen, die noch viel kleiner sind als die Körperatome. Die Aetheratome sind träge, aber nicht schwer. Sie stossen sich wechselseitig ab, werden aber von den Körperatomen angezogen, und zwar mag jede besondere Art von Körperatomen gegen den Aether eine spezifische Anziehung äussern.

Im freien Weltraum, wie auch in einem sogenannten leeren Raum ist nur Aether enthalten, und zwar gleichmässig nach allen Richtungen verbreitet. Im Weltraum und im leeren Raum der Luftpumpen-Glasglocke ist die Dichte des Aethers überall gleich gross. Anders verhält es sich mit den Körpersubstanzen. Durch die Anziehung der Körperatome gegen den Aether wird derselbe um die Körperatome konzentriert, kann also die Dichte nicht überall gleich bleiben, sondern sie muss an der Oberfläche eines Körperatoms gross, in der Mitte zwischen zwei benachbarten Atomen klein sein. Ist die Entfernung der Körperatome sehr gross, wie bei den Gasen, so werden sich um die Körper atmosphärenartige Aetherhüllen bilden, und die Räume zwischen den Hüllen werden kaum mehr Aether enthalten, als überhaupt im freien Raum enthalten ist. Ein Körperatom und die dasselbe umgebende Aetherhülle nenne ich eine Dynamide, und eine aus Dynamiden bestehende Substanz ein Dynamidensystem. Auch kann man die Anordnung des Aethers in ein solches Dynamidensystem eine dynamidische Anordnung nennen. Die Gase haben also wahrscheinlich dynamidisch angeordneten Aether.

Ist die Distanz der Atome im Vergleich zu ihren Dimensionen klein, so werden sich keine eigentlichen Aetherhüllen bilden, sondern die Dichte des Aethers wird sich von der Oberfläche eines Körperatoms an bis zum nächsten Atom hin stetig ändern. Ein solches Arrangement kann man ein periodisches nennen. Wir haben also 1) freien Aether, 2) dynamidischen Aether, 3) periodisch angeordneten Aether. Der letztere entspricht wahrscheinlich den dichten und festen Körpern. Ist der feste Körper homogen, aber nicht krystalisirt, so ist die mittlere Entfernung zweier benachbarter Atome überall und nach allen Richtungen gleich gross, ist demnach nach allen Richtungen einerlei Elastizität und einerlei Aetherdichte. Ist die Substanz krystalisirt, so sind die Atome regelmässig gruppiert und sind es auch die Aetherhüllen oder Aethergruppen. Im tessularischen Krystallsystem sind die Körperatome nach allen Richtungen gleich dicht vertheilt. Im rhomboedrischen, pyramidalen und in den vier prismatischen Systemen ist die Dichte der Nebenein-

andergruppierung der Atome nach verschiedenen Richtungen verschieden, und ist es folglich auch die Aethervertheilung.

Bewegungszustände im Aether. Der Gleichgewichtszustand einer aus Körper- und Aetheratomen bestehenden Substanz beruht nicht in einem inaktiven Nebeneinandergestelltsein der Körper- und Aetheratome, sondern das ruhige Bestehen der Substanz beruht auf einem stabilen Gleichgewichtszustand, in welchem jedes Atom seinen Ort und seine Lage in der Art zu behaupten strebt, dass eine gewisse Kraftäusserung nothwendig ist, um es aus seiner Position zu verschieben oder aus seiner Lage abzulenken, und dass es wiederum mit einer gewissen Energie in seine Gleichgewichtslage zurückzukehren strebt, so wie die äussere Kraft beseitigt wird. Wird dieser Gleichgewichtszustand gestört, so können möglicher Weise sehr verschiedene Bewegungszustände eintreten; theils in den Körperatomen, theils in den Aetheratomen. Durch sehr heftige äussere Einwirkungen kann der stabile Gleichgewichtszustand gänzlich aufgehoben werden, und dann entstehen Durcheinanderwirbelungen und Fluthungen der Atome, Auflösungen der Dynamiden und Moleküle, und dieser tumultuarische Zustand dauert so lange fort, bis wiederum Gleichgewichtszustände irgend einer Art eintreten. Durch minder heftige Einwirkungen wird dagegen der stabile Gleichgewichtszustand nicht gänzlich aufgehoben, sondern es treten nur schwingende Bewegungen der Atome um ihre Gleichgewichtspositionen herum ein.

Da wir voraussetzen, dass die Masse des Aethers einer Hülle gegen die Masse eines Körperatoms verschwindend klein ist, so werden bei schwächeren Gleichgewichtsstörungen in der Regel entweder nur die Aetheratome oder nur die Körperatome, nicht aber beide zugleich in lebhaftere Bewegungen gerathen. Werden die Körperatome erschüttert, so werden zwar auch die Aetherhüllen von den Körperatomen mit fortgerissen, allein so lange der Aether nur so langsam schwingt, als die Körperatome in der Regel schwingen, kann derselbe auf unsere Sinne keine merkbare Empfindung erwecken. Wird der Aether erschüttert, so werden auch die Körperatome zu Bewegungen angeregt, allein diese Aetherschwingungen geschehen viel zu rasch, um von den Körperatomen nachgeahmt werden zu können. Daraus folgt, dass man sich oftmals erlauben darf, wenn Aetherschwingungen angeregt werden, die Körperatome, und wenn Körperatomenschwingungen hervorgerufen werden, die Aetheratome als ruhend zu betrachten, wodurch die Betrachtung der dynamischen Zustände eines Doppelmediums sehr erleichtert

wird. Wir werden in der Folge die Körperatome als ruhend betrachten, wenn nicht das Gegentheil ausdrücklich ausgesprochen wird. Die Bewegungen des Aethers können sein: 1) fortlaufende Wellenbewegungen, ähnlich wie der Schall oder die Wasserwellen; 2) relative Bewegungen der Aetheratome gegen die Körperkerne. Diese letzteren können wiederum verschieden sein, und zwar a) verworrene Durcheinanderwirbelungen der Aetheratome einer Aetherhülle, b) radiale Schwingungen aller Aetheratome einer Aetherhülle gegen die Körperkerne, c) Rotationen der Aetherhüllen um die Kerne, d) Hin- und Herschwingungen der Aetherhüllen. Auf diesen verschiedenen Schwingungsweisen beruhen nach unserer Ansicht die Erscheinungen der sogenannten Imponderabilien; doch wollen wir uns hier in die Verfolgung dieser Ansicht nicht einlassen.

Es scheint, dass unter gewissen Umständen jede dieser Bewegungsweisen in jede andere übergehen kann, so dass also aus jedem dynamischen Zustand unter gewissen Bedingungen und Verhältnissen jeder andere dynamische Zustand entstehen kann, wobei aber der Anregungszustand entweder ganz verschwindet, oder doch geschwächt wird. Diese Umwandlung der dynamischen Zustände wollen wir die dynamische Metamorphose nennen. Diese allgemeinen Andeutungen über die statischen und dynamischen Zustände der Aethermedien genügen für die Verfolgung der Zwecke, die wir im Auge haben, und wir gehen nun zur Feststellung der Grundbegriffe über die Wärme über.

Temperatur. Im vollkommenen Gleichgewichtszustande mit sich selbst und mit den Körperatomen erscheint der Aether nur als der Träger eines repulsiven Prinzips. In diesem Ruhezustand können wir die Existenz des Aethers durch unsere Nerven nicht empfinden. Befindet sich dagegen der Aether in einem raschen Schwingungszustand und geht dieser in den Aether unserer Nerven über, so bringt dies eine gewisse Empfindung hervor, ähnlich wie die Luftschwingungen, wenn sie in das Gehörorgan übergehen, die Empfindung von Schall oder Ton erwecken.

Wir nehmen nun an, dass wir die Empfindung von Wärme haben, wenn der Aether unserer Nerven in der Weise schwingt, dass die Aetheratome der Aetherhüllen radiale Schwingungen gegen die Körperatome machen. Ob diese Annahme naturgemäss ist oder nicht, wird sich herausstellen, wenn es uns gelingt, die thatsächlichen Erscheinungen und Wirkungen der Wärme auf ungezwungene Weise zu erklären. Die Veranlassung zu dieser Annahme, dass die Wärme durch radiale Schwingungen des Aethers in den

Hüllen hervorgerufen wird, werden wir in der Folge besprechen, wenn von der Ausdehnung durch die Wärme die Rede sein wird. Da es uns nicht um die subjektiven Wirkungen der Wärme, sondern um die objektiven Ursachen zu thun ist, durch welche Wärmewirkungen hervorgebracht werden, so wollen wir festsetzen, dass an einem gewissen Ort irgend eines empfindenden oder nicht empfindenden Körpers Wärme vorhanden ist, wenn an diesem Ort Dynamiden vorhanden sind, deren Aether radiale Schwingungen macht. Wärme und Aether verhalten sich also zu einander wie Ton und Luft. Schwingende Luft ist Ton. Radiale Schwingungen des Aethers in der Dynamide ist Wärme. Man muss sich wohl hüten, das, was diese Schwingung hervorgerufen hat, mit der Schwingung selbst zu verwechseln. Eine solche radiale Schwingung des Aethers kann möglicher Weise durch einen Hammerschlag oder durch irgend einen beliebigen Vorgang hervorgerufen werden. Der Hammerschlag als solcher ist nicht Wärme, sondern ruft nur Schwingungen hervor, die Wärmewirkung erzeugen. Wenn wir also mit unserer Hand einen Körper befühlen und die Empfindung von Wärme erhalten, so ist es eigentlich ein Fehlschluss, wenn wir unbedingt sagen, der Körper selbst sei warm. Es könnte ja sein, dass in den Dynamiden dieses Körpers keine radialen Schwingungen, sondern dynamische Zustände anderer Art vorhanden wären, die jedoch in den Dynamiden unserer Nerven radiale Schwingungen hervorzurufen vermöchten. Den erwärmten Zustand eines Körpers können wir also mit voller Sicherheit nicht durch das Gefühl erkennen, sondern, wie wir in der Folge sehen werden, durch die Ausdehnung, die in den Körpern in Folge des erwärmten Zustandes eintritt.

Es ist nun die Frage, wodurch die Intensität eines erwärmten Zustandes, d. h. wodurch die Temperatur gemessen werden muss. Es ist natürlich, dass diese nach der Intensität des Schwingungszustandes bestimmt werden muss, dass also diese Temperatur eine Funktion der Schwingungsgeschwindigkeit ist. Um diese Funktion ausfindig zu machen, habe ich verschiedene Annahmen versucht, von denen jedoch nur Eine zu Folgerungen geführt hat, die mit den Thatsachen im Einklange sind. Diese Eine Annahme ist, dass die Temperatur durch den mittleren Werth der lebendigen Kraft eines Aetheratoms gemessen werden soll.

Nennen wir also μ die Masse eines Aetheratoms, u^2 den wahren mittleren Werth des Quadrates der Schwingungsgeschwindigkeit eines Atoms, T die Temperatur, welche diesem Schwingungszustand

entspricht, f eine gewisse konstante Zahl, deren Bedeutung sich später ergeben wird, so können wir setzen:

$$f T = \mu u^2 \dots \dots \dots (1)$$

Für $T=1$ wird $f = \mu u^2$, d. h. die Constante f bedeutet diejenige lebendige Kraft, die der Einheit der Temperatur entspricht.

Den mittleren Werth von u^2 würde man finden, wenn man die totale in der Aetherhülle enthaltene lebendige Kraft durch die Masse aller Aetheratome einer Hülle dividirte.

Um die dem Schwingungszustand entsprechende Temperatur nach Graden einer gewöhnlichen Thermometerskala auszudrücken, muss der Ausdruck (1) modifizirt werden.

Nennen wir t die der Schwingungsgeschwindigkeit u entsprechende Temperatur nach dem hunderttheiligen Thermometer, u_0 die dem Nullpunkt dieses Thermometers entsprechende Schwingungsgeschwindigkeit, so ist zu setzen:

$$f t = \mu (u^2 - u_0^2) \dots \dots \dots (2)$$

Wir haben schon Seite 241 erwähnt, dass der Aether in den Hüllen vier verschiedene dynamische Zustände haben kann, 1) verworrene Durcheinanderwirbelungen der Aetheratome, 2) radiale Schwingungen, 3) Rotationen der Aetherhüllen um die Kerne, 4) Hin- und Herpendelungen der Hüllen. Es ist nun die Frage, unter welchen Bedingungen und Umständen gerade die radialen Schwingungen, d. h. die der Wärme entsprechenden Schwingungen entstehen. Ganz spezielle Fälle ausgenommen, wird der Aether in den Substanzen niemals direkt in Radialschwingungen versetzt, sondern er wird überhaupt theils durch durchlaufende Wellen oder durch Schläge, die auf die Oberfläche eines Körpers ausgeübt werden oder durch heftige Zuckungen, die durch Explosionen oder durch chemische Akte entstehen, unregelmässig erschüttert. Bei all diesen Anregungen werden also die Aetherhüllen der Dynamiden zunächst in verworrene wirbelnde Bewegungen versetzt, die aber nothwendig mit der Zeit in einen regelmässigen Beharrungszustand von Schwingungen übergehen müssen und es scheint, dass der Beharrungszustand mit Radialschwingungen am leichtesten eintritt. Beharrungszustände mit rotirenden oder pendelnden Bewegungen der Hüllen dürften nur bei ganz besonderen Anregungsweisen zum Vorschein kommen. Wärmeschwingungen werden daher am häufigsten vorkommen, was mit den Thatfachen übereinstimmt, dass fast bei allen dynamischen Vorgängen Wärme auftritt.

Wärmekapazität. Wärmekapazität nennen die Physiker diejenige Wärmemenge oder Wärmethätigkeit, welche erforderlich ist, um die Temperatur der Gewichtseinheit eines Körpers um einen Grad zu erhöhen. Was unter Wärmemenge oder Wärmethätigkeit zu verstehen ist, wird nicht gesagt. Ich stelle nun den Begriff auf, dass die Wärmekapazität eines Stoffes die Anzahl der Aetheratome ist, welche in der Gewichtseinheit eines Stoffes enthalten ist. Diese Wärmekapazität will ich die rationelle, jene der Physiker die empirische nennen. Wie dieselben zusammenhängen, wird sich in der Folge zeigen.

Unser Begriff von Wärmekapazität ist jedenfalls ganz klar, und es kann nur die Frage sein, ob es angemessen ist, die Anzahl der in der Gewichtseinheit eines Stoffes enthaltenen Aetheratome mit dem Worte „Wärmekapazität“ zu benennen. Es könnte nur in der Wahl des Wortes für den klaren Begriff ein Missgriff gemacht worden sein, in dem Begriff selbst aber nicht. Ob das Wort ein glücklicher Griff oder ein Missgriff ist, wird die Folge zeigen.

Das Atomvolumen nennt man den Raum, in welchem im Mittel genommen Ein Atom angetroffen wird. Man findet das Atomvolumen, wenn man das Volumen einer Substanz durch die Anzahl der darin enthaltenen Körperatome dividirt.

Nennt man:

- v das Atomvolumen in dem so eben erklärten Sinne,
 - s das spezifische Gewicht des Stoffes, d. h. das absolute Gewicht der Volumeneinheit des Stoffes,
 - q das absolute Gewicht eines Körperatoms des Stoffes,
 - V das ganze Volumen der Substanz,
 - Q das totale Gewicht derselben,
- so ist $\frac{Q}{q}$ die Anzahl der Körperatome des Stoffes, demnach:

$$v: \frac{Q}{q} = q \frac{V}{Q} = \frac{q}{\frac{Q}{V}} = v$$

Allein es ist auch

$$\frac{Q}{V} = s, \text{ demnach wird } v = \frac{q}{s} \dots \dots (3)$$

Man findet also das Atomvolumen, wenn man das absolute Gewicht des Atoms durch das spezifische Gewicht der Substanz dividirt.

Allein die absoluten Gewichte der Atome der Stoffe sind nicht bekannt, sondern nur die relativen Gewichte. Dividirt man also die

sogenannten chemischen Atomgewichte durch die spezifischen Gewichte, so erhält man Zahlen, die zwar nicht gleich sind den Atomvolumen, die sich jedoch zu einander verhalten wie die wahren Atomvolumen.

Dichte des Aethers. Dichte des Aethers nenne ich die Anzahl der Aetheratome, welche in der Volumeneinheit eines Stoffes enthalten ist.

Nennen wir A diese Dichte, c die Anzahl der Aetheratome, welche in der Gewichtseinheit des Stoffes enthalten ist (die rationale Wärmekapazität), s das spezifische Gewicht des Stoffes, so ist

$$A = cs \dots \dots \dots (4)$$

Diese rationalen Kapazitäten sind nicht bekannt, sondern nur die empirischen. Die Produkte aus den empirischen Wärmekapazitäten in die spezifischen Gewichte werden demnach Zahlen liefern, die nicht gleich, wohl aber proportional sind den Aetherdichten. Bei Gasen müssen aber die empirischen Wärmekapazitäten bei constantem Volumen in Rechnung gebracht werden, weil nur diese unserer rationalen Wärmekapazität entsprechen. Die Tafel Seite 247 zeigt, dass das Produkt C_s aus der empirischen Wärmekapazität der Gase und ihrer spezifischen Gewichte konstant ist, wenigstens sind die Differenzen der Zahlen so klein, dass man dieselben wohl der ungenauen Bestimmung der Wärmekapazitäten zuschreiben kann. Daraus folgt also, dass die Dichte des Aethers in allen Gasen gleich gross ist oder dass alle Gase bei gleichem Volumen gleich viel Aether enthalten. Ist also das Volumen der Verbindung zweier Gase kleiner als die Summe der Volumina der Gase, die in Verbindung getreten sind, so muss die Verbindung mit Aetherauscheidung geschehen sein. Auch die Aenderungen der Aggregatzustände erfolgen, wie es scheint, in der Regel mit Aetheraufnahme oder Aetherauscheidung. Die spezifische Wärme des Eises ist $= 0.513$, die des flüssigen Wassers ist $= 1$, die des Wasserdampfes $= 0.475$. Beim Schmelzen des Eises wird mithin Aether aufgenommen, beim Verdampfen des Wassers wird dagegen Aether ausgeschieden.

Aethermenge einer Dynamide. Unter dieser Benennung wollen wir die Anzahl der in einer Aetherhülle enthaltenen Aetheratome verstehen und bezeichnen dieselbe mit i . Nun ist $\frac{i}{q}$ die Anzahl der Körperatome, welche in der Gewichtseinheit eines Körpers enthalten

TABELLE A.

Einfache und zusammengesetzte Gase.

Benennung.	Bezeichnung.	Atom-	Spezif.	Wärme-	Atom-	Aether	Dichte
		gewicht.	Gewicht	kapazi-	volumen	einer	des
		q	s	tät.		Dyna-	Aethers.
				\mathfrak{G}_1	$v = \frac{q}{s}$	mide.	
						$i = q \mathfrak{G}_1$	$\mathcal{A} = s \mathfrak{G}_1$
Sauerstoffgas	O	8	1.432	0.2182	5.583	1.7456	0.3125
Wasserstoffgas	H	1	0.089	3.4046	11.188	3.4046	0.3030
Chlorgas	Cl	35.4	3.170	0.1141	11.166	4.0391	0.3616
Stickgas	N	14	1.268	0.2440	11.041	3.4160	0.3094
Wasserdampf	H O	9	0.805	0.4750	11.180	4.2750	0.3824
Kohlenoxydgas	CO	14	1.264	0.2479	11.076	3.4710	0.3133
Kohlensaures Gas	CO ₂	22	1.980	0.2164	11.111	4.7608	0.4284
Schwefligsaur. Gas	SO ₂	32	2.873	0.1262	11.138	6.2784	0.5637
Schwefelhydrogen	HS	17	1.538	0.2376	11.111	4.0392	0.3653
Salzsaures Gas	ClH	36.4	1.629	0.2219	22.345	8.0772	0.3613
Stickoxydulgas	NO	22	1.984	0.2240	11.089	4.9280	0.4444
Stickoxydgas	NO ₂	30	1.350	0.2692	22.222	8.0760	0.3634
Ammoniakgas	NH ₃	17	0.768	0.4751	21.875	8.0770	0.3649
Cyangan	C ₂ N	26	2.362	0.1553	11.008	4.0378	0.3668

TABELLE B.

Einfache Stoffe.

Benennung.	Bezeichnung.	Atom-	Spezif.	Wärme-	Atom-	Aether	Dichte
		gewicht.	Gewicht.	capazi-	volumen.	einer	des
		q	s	tät.	$v = \frac{q}{s}$	Dynamide.	Aethers.
				\mathcal{G}_1		q \mathcal{G}_1	s \mathcal{G}_1
Aluminium	Al	13·7	—	—	—	—	—
Antimon	Sb	120	6·7010	0·0508	17·908	6·096	0·3404
Arsen	As	75·2	5·959	0·0814	12·619	6·1213	0·4851
Barium	Ba	68·6	—	—	—	—	—
Blei	Pb	103·8	11·3889	0·0314	9·1141	3·2593	0·3576
Bor	B	10·8	—	—	—	—	—
Brom	Br	78·4	2·9800	0·1350	26·308	10·5840	0·4023
Cadmium	Cd	55·8	8·6355	0·0567	6·4607	3·1639	0·4896
Calcium	Ca	20	—	—	—	—	—
Cer	Ce	46	—	—	—	—	—
Chlor	Cl	35·4	1·3333	—	26·550	—	—
Chrom	Cr	28·1	5·9000	—	—	—	—
Didym	D	—	—	—	—	—	—
Eisen	Fe	28	7·8439	0·1138	3·5690	3·1864	0·8926
Erbium	E	—	—	—	—	—	—
Fluor	F	18·7	—	—	—	—	—
Glycium	G	4·7	—	—	—	—	—
Gold	Au	199	19·2000	0·0324	10·364	6·4476	0·6221
Iridium	Ir	98·7	18·6300	0·0368	5·2979	3·6322	0·6855
Jod	J	126	4·9480	0·0541	25·464	6·8166	0·2677
Kalium	K	39·2	0·8650	—	—	—	—
Kiesel	Si	15	—	—	—	—	—
Kobalt	Co	29·6	8·5384	0·1070	3·4667	3·1672	0·9136
Kohlenstoff	C	6	3·5000	—	1·7143	—	—
Kupfer	Cu	31·8	8·7210	0·0951	3·6463	3·0242	0·8294
Lanthan	La	36·1	—	—	—	—	—
Lithium	L	6·4	—	—	—	—	—
Magnium	Mg	12·7	—	—	—	—	—
Mangan	Mn	27·6	8·0000	0·1441	3·4500	3·9772	1·1528
Molybdän	Mo	48	8·6000	0·0722	5·5814	3·4656	0·6209
Natrium	Na	23·2	0·9722	—	23·86	—	—

Benennung.	Bezeichnung.	Atomgewicht. q	Spezif. Gewicht. s	Wärme-capacität. σ_1	Atomvolumen. $v = \frac{q}{s}$	Aether einer Dynamide. q σ_1	Dichte des Aethers. s σ_1
Nickel	Ni	29.6	8.637	0.1086	3.427	3.2146	0.9379
Osmium	Os	99.6	10.000	—	9.960	—	—
Palladium	Pd	53.4	11.5000	0.0593	4.643	3.1666	0.6819
Phosphor	P	31.4	1.7500	0.1887	17.942	5.9250	0.2602
Platin	Pt	98.7	21.5000	0.0324	4.5906	3.1979	0.6966
Quecksilber	Hg	100	13.559	0.0333	7.3751	3.3766	0.4515
Rhodium	R	52.1	11.2000	—	4.6518	—	—
Scheel	Sl	95	17.4000	0.0364	5.4598	3.4580	0.6334
Schwefel	S	16	2.0000	0.2026	8.0000	3.2416	0.4092
Selen	Se	40	4.3100	0.0837	9.2807	3.3480	0.3607
Silber	Ag	108	10.4280	0.0570	10.3567	6.1617	0.5944
Stickstoff	N	14	—	0.2754	—	3.8556	—
Strontium	Sr	44	—	—	—	—	—
Tantal	T	185	—	—	—	—	—
Tellur	Te	64	6.2580	0.0515	10.226	3.2960	0.3223
Terbium	Tr	—	—	—	—	—	—
Thorium	Th	59.6	—	—	—	—	—
Titan	Ti	24	5.2800	—	4.5454	—	—
Uran	U	60	9.0000	—	6.6666	—	—
Vanadin	V	68.6	—	—	—	—	—
Wasserstoff	H	1	—	3.4046	—	3.4046	—
Sauerstoff	O	8	—	0.2182	—	1.7456	—
Wismuth	Bi	208	9.8220	0.0308	21.177	6.4064	0.3025
Yttrium	Y	32.2	—	—	—	—	—
Zink	Zn	32.2	6.9154	0.0955	4.6562	3.0751	0.6604
Zinn	Sn	59	7.29	0.0562	8.0932	3.3158	0.4096
Zirconium	Zr	22.4	—	—	—	—	—

TABELLE C.

Zusammengesetzte starre und tropfbar-flüssige Verbindungen.

Verbindung.	Formel.	Atom-	Spezif.	Spezif.	Atom-	Aether	Dichte
		gewicht.	Gewicht	Wärme.	volumen	einer	des
		q	s	℄	v	Dy-	Aethers.
						namide.	
						℄, q	℄, s
Kupferoxydul . .	Cu_2O	71·6	5·300	0·1173	13·51	7·683	0·6220
Bittererde	MgO	20·7	3·200	0·2439	6·468	5·049	0·7804
Bleioxyd	PbO	111·8	9·209	0·0509	12·140	5·691	0·4687
Magnet Eisen . . .	Fe_3O_4	113·6	5·094	0·1641	22·300	19·062	0·3112
Alaunerde	Al_2O_3	51·4	3·909	0·2173	13·148	11·169	0·8494
Chromoxyd	Cr_2O_3	80·2	5·210	0·1796	15·393	14·404	0·9356
Eisenglanz	Fe_2O_3	78·4	5·251	0·1669	14·930	13·085	0·8764
Kieselerde	SiO_2	30·8	2·652	0·1913	11·613	5·892	0·5073
Titanoxyd	TiO_2	40·5	3·826	0·1703	10·585	6·897	0·6515
Zinnstein	SnO_2	75	6·960	0·0933	10·776	6·997	0·6493
Manganhyperoxyd	MnO_2	43·6	4·940	0·1910	8·826	8·328	0·8435
Boraxsäure	B_2O_3	34·8	1·830	0·2374	19·016	8·261	0·4344
Scheelsäure	WO_3	119	5·274	0·0798	22·563	9·496	0·4209
Molybdänsäure . .	MoO_3	72	3·460	0·1324	20·809	9·533	0·4580
Arsenige Säure . .	As_2O_3	99·2	3·698	0·1279	26·824	12·687	0·4728
Antimonoxyd . . .	Sb_2O_3	153	5·560	0·0901	27·518	13·785	0·5010
Antimonige Säure	Sb_2O_5	161	6·525	0·0953	24·674	15·343	0·6219
Flusspath	CaF_2	39·2	3·150	0·2082	12·444	8·164	0·6558
Halb-Chlorkupfer	Cu_2Cl_2	99	3·678	0·1383	26·916	13·692	0·5086
Halb-Chlorqueck-							
silber	Hg_2Cl_2	238·2	6·992	0·0520	34·067	12·386	0·3636
Chlor-Kalium . . .	KCl	74·6	1·915	0·1729	38·955	12·898	0·3310
Chlor-Natrium . .	NaCl	58·6	2·078	0·2140	28·200	12·540	0·4447
Chlor-Silber . . .	AgCl	143·5	5·501	0·0911	26·086	13·073	0·5012
Chlor-Barium . . .	BaCl_2	104	3·704	0·0896	28·077	9·318	0·3318
Chlor-Strontium .	SrCl_2	79·4	2·803	0·1199	28·326	9·520	0·3360
Chlor-Calcium . .	CaCl_2	55·9	2·040	0·1642	27·402	9·179	0·3350
Chlor-Blei	PbCl_2	139·2	5·802	0·0664	23·991	9·243	0·3852
Chlor-Quecksilber	Hg_2Cl_2	136·8	5·403	0·0689	25·319	9·425	0·3723
Brom-Kalium . . .	KBr	117·6	2·415	0·1132	48·662	13·312	0·2734
Brom-Blei	PbBr_2	182·2	6·630	0·0533	27·481	9·711	0·3533

Verbindung.	Formel.	Atom- gewicht.	Spezif. Gewicht	Spezif. Wärme.	Atom- volumen	Aether einer Dy- namide.	Dichte des Aethers.
		q	s	G ₁	v	G ₁ q	G ₁ s
Halb - Jodqueck- silber	Hg ₂ J	328·8	7·644	0·0395	43·014	12·987	0·3018
Jod-Kalium . . .	K J	165·2	2·908	0·0819	56·808	13·530	0·2381
Jod-Silber	Ag J	234·1	5·026	0·0616	46·577	14·420	0·3096
Jod-Blei	Pb J	229·8	6·021	0·0427	38·166	9·812	0·2571
Einf. Jodqueck- silber	Hg J	227·4	6·200	0·0420	36·677	9·551	0·2604
Halb - Schwefel- kupfer	Cu ₂ S	79·6	5·977	0·1212	13·318	9·647	0·7244
Schwefelzink . .	Zn S	48·2	3·923	0·1230	12·286	5·929	0·4826
Einf. Schwefelzinn	Sn S	75	4·852	0·0836	15·457	6·270	0·4057
Schwefelblei . . .	Pb S	119·8	7·505	0·0509	15·962	6·098	0·3821
Schwefelnickel . .	Ni S	45·6	5·200	0·1281	8·769	5·841	0·6661
Zinnober	Hg S	117·4	8·060	0·0480	14·565	6·017	0·3869
Schwefelsilber . .	Ag S	124·1	6·850	0·0746	18·117	9·258	0·5110
Schwefelwismuth	Bi ₂ S ₃	260·8	7·000	0·0600	37·260	15·648	0·4200
Schwefelkohlen- stoff	C S ₂	38	1·272	0·3290	29·874	12·502	0·4184
Wasserblei	Mo S ₂	80	4·690	0·1233	17·057	9·864	0·5783
Musivgold	Sn S ₂	91	4·425	0·1193	20·565	10·856	0·5279
Schwefelkies . . .	Fe S ₂	59·2	5·183	0·1301	11·421	7·702	0·6743
Realgar	As S ₂	107·2	3·544	0·1111	30·250	11·910	0·3937
Auripigment . . .	As S ₃	123·2	3·459	0·1132	35·617	13·946	0·3916
Dreifach. Schwe- felantimon . . .	Sb S ₃	177	4·334	0·0907	40·839	16·054	0·3931
Kohlensaures Kali	K O, C O ₂	69·2	2·264	0·2162	30·565	14·961	0·4894
Kohlensaures Na- tron	Na O, C O ₂	53·2	2·466	0·2727	21·573	14·508	0·6724
Witherit	Ba O, C O ₂	98·6	4·302	0·1104	22·919	10·885	0·4739
Strontianit	Sr O, C O ₂	74	3·624	0·1448	20·419	10·715	0·5247
Kalkspath	Ca O, C O ₂	50·5	2·721	0·2086	18·559	10·534	0·5675
Talgspath	Mg O, C O ₂	42·7	3·056	0·2220	13·972	9·479	0·6784
Bleispath	Pb O, C O ₂	133·8	6·428	0·0814	20·815	10·891	0·5232
Junkerit	Fe O, C O ₂	57·2	3·818	0·1934	19·981	11·062	0·7383

Verbindung.	Formel.	Atom-	Spezif.	Spezif.	Atom-	Aether	Dichte
		gewicht.	Gewicht	Wärme.	volumen	einer	des
		q	s	U ₁	v	Dy-	Aethers.
						namide.	
						U ₁ q	U ₁ s
Chromsaures Kali	KO, CrO_3	99.3	2.640	0.1850	37.614	18.370	0.3884
Zweif. chromsau- res Kali	$KO, 2CrO_3$	151.4	2.603	0.1894	58.164	28.675	0.4929
Schwefelsaures Kali	Oo, SO_3	87.2	2.623	0.1901	33.244	16.576	0.4987
Schwefelsaures Natron	NaO, SO_3	71.2	2.631	0.2311	27.061	16.454	0.6050
Schwerspath . . .	BaO, SO_3	116.1	4.200	0.1128	27.762	13.152	0.4738
Schwefelsaurer Strontian	SrO, SO_3	92.0	3.958	0.1428	23.244	13.138	0.5651
Schwefelsaurer Kalk	CaO, SO_3	68.5	2.927	0.1854	23.430	12.700	0.5427
Schwefelsaure Bit- tererde	MgO, SO_3	60.7	2.607	0.2216	23.284	13.451	0.5777
Schwefelsaures Bleioxyd	PbO, SO_3	151.8	6.169	0.0848	24.606	12.873	0.5230
Salpetersaures Kali	KO, NO_3	101.2	2.058	0.2387	49.174	24.156	0.4911
Salpetersaures Natron	NaO, NO_3	85.2	2.226	0.2782	38.274	23.703	0.6203
Salpetersaures Silberoxyd . . .	AgO, NO_3	107.1	4.355	0.1435	39.058	24.409	0.6248
Salpetersaurer Baryt	BaO, NO_3	130.6	3.185	0.1523	41.004	19.890	0.4850
Salpetersaurer Strontian	SrO, NO_3	106	2.810	0.1683	37.722	17.840	0.4729

Keine Erwärmung eines Körpers ohne Ausdehnung. Einen Körper erwärmen heisst nach unserer Anschauung: machen, dass der Aether in radiale Schwingungen geräth. Nehmen wir an, dass es möglich wäre, den Aether der Dynamiden eines Stoffes in Radialschwingungen zu versetzen, ohne irgend eine andere Veränderung in dem Körper zu veranlassen. Nehmen wir also an: 1) dass bei dem Erwärmungsakt keine Volumenänderung stattfinde, dass also die Ausdehnung, die durch die Erwärmung entstehen will, durch äussere Kräfte verhindert werde; 2) dass während des Erwärmungsakts die Körperatome weder eine Ortsveränderung, noch irgend eine andere Veränderung erleiden; 3) dass selbst in den Aetherhüllen keine Ausdehnung eintrete, was allerdings nicht verhindert werden kann; 4) dass nur allein Radialschwingungen des Aethers in den Dynamiden hervorgerufen werden, und bezeichnen mit t und t_1 zwei-erlei Temperaturen des Stoffes, gemessen nach Graden des hunderttheiligen Thermometers.

u u, die diesen Temperaturen entsprechenden Schwingungsgeschwindigkeiten des Aethers, w die in Kilogramm Metern ausgedrückte Wirkung oder Arbeit, welche erforderlich ist, um Q Kilogramme eines Stoffes aus dem Schwingungszustand u in den Schwingungszustand u_1 zu versetzen, so erhalten wir, wenn wir die früher gewählten Bezeichnungen beibehalten, Folgendes:

Es ist $\frac{Q}{q}$ die Anzahl der Körperatome, $i \frac{Q}{q}$ die Anzahl der Aetheratome des Körpers, $\mu i \frac{Q}{q}$ die Aethermasse desselben, $\mu i \frac{Q}{q} u^2$, $\mu i \frac{Q}{q} u_1^2$ die lebendigen Kräfte des Aethers in den zwei Schwingungszuständen. Demnach hat man:

$$W = \mu i \frac{Q}{q} (u^2 - u_1^2)$$

Nun ist aber vermöge (2), Seite 243

$$f t_1 = \mu (u_1^2 - u_0^2)$$

$$f t = \mu (u^2 - u_0^2)$$

Ferner ist vermöge (5), Seite 246

$$\frac{i}{q} = c$$

daher findet man:

$$W = Q c f (t_1 - t) \dots \dots \dots (6)$$

Die zur Erwärmung eines Körpers erforderliche Arbeit ist also der Stoffmenge seiner Wärmekapazität und der Temperaturerhöhung, die durch die Erwärmung eintreten soll, proportional.

Nennt man \mathcal{G} die empirische Wärmekapazität bei konstantem Volumen des Stoffes, dessen rationale Kapazität c ist, so kann man setzen $c f = \frac{c}{\mathcal{G}} \mathcal{G} f = \left(\frac{c}{\mathcal{G}} f\right) \mathcal{G}$. Allein $\frac{c}{\mathcal{G}}$ ist für alle Stoffe eine Constante und ebenso auch f , daher ist auch $\left(\frac{c}{\mathcal{G}} f\right)$ eine Constante. Bezeichnen wir dieselbe mit k , setzen also $\frac{c}{\mathcal{G}} f = k$ oder $c f = \mathcal{G} k$ so wird die letzte Gleichung

$$W = Q \mathcal{G} k (t_1 - t) \dots \dots \dots (7)$$

Diese Gleichung gibt uns über die Bedeutung der Grösse k Aufschluss.

Setzen wir

$$Q = 1, \mathcal{G} = 1, t_1 - t = 1$$

so folgt aus dieser Gleichung $W = k$, d. h. die constante Grösse k ist die Arbeit, welche erforderlich ist, um die Temperatur von einem Kilogramm des Stoffes, dessen empirische Wärmekapazität bei constantem Volumen gleich Eins ist, um einen Grad zu erhöhen, oder k ist die zur Hervorbringung einer Wärmeeinheit erforderliche Arbeit, oder k ist das mechanische Aequivalent einer Wärmeeinheit oder der motorische Werth einer Wärmeeinheit. Nehmen wir in Uebereinstimmung mit den Physikern die Wärmekapazität des Wassers als Einheit aller Wärmekapazitäten an, d. h. nehmen wir die in einem Kilogramm Wasser enthaltene Aethermasse als Aethermasseneinheit an, so drückt k die Arbeit aus, welche erforderlich ist, um die Temperatur von einem Kilogramm Wasser um einen Grad zu erhöhen.

Den numerischen Werth von k werden wir in der Folge bestimmen und werden erfahren, dass derselbe gleich $424^{\text{Kilg}^\circ\text{m}}$, also sehr gross ist.

Das Produkt $Q \mathcal{G} (t_1 - t)$ drückt diejenige Grösse aus, welche die Physiker Wärmemenge nennen, vorausgesetzt, dass man für \mathcal{G} die empirische Wärmekapazität bei constantem Volumen setzt.

Ausdehnung der Körper durch die Wärme. Jede Temperaturerhöhung eines Körpers bringt in demselben eine Ausdehnung hervor, wenn sie nicht durch äussere, auf die Oberfläche des Körpers einwirkende Kräfte verhindert wird. Diese bekannte Erscheinung findet ihre Erklärung durch die Annahme, dass der Wärmezustand auf radialen Schwingungen des Aethers in den Dynamiden beruht. Die Temperatur eines Körpers erhöhen heisst nach dieser Annahme nichts anderes, als: machen, dass die Radialschwingungen des Aethers

in den Dynamiden verstärkt werden. Allein so wie die radialen Schwingungen der Aetheratome in den Dynamiden grösser und schneller werden, müssen sich nothwendig die Aetherhüllen der Dynamiden ausdehnen. Dieses Anschwellen der Hüllen hat aber zur Folge, dass sich ihre Oberflächen mehr nähern, dass folglich die Abstossungskraft der Aetherhüllen zunimmt, und wenn keine äussere Kraft hindernd einwirkt, so muss wohl dadurch eine Ausdehnung des ganzen Dynamidensystems oder des Körpers erfolgen. Wie die äusseren Einwirkungen auf einen Körper beschaffen sein müssen, damit gerade eine Erhöhung der Radialschwingungen, d. h. eine Temperaturerhöhung eintritt, sind wir freilich nicht im Stande aus unserer Annahme zu bestimmen, denn dazu wäre eine ganz korrekte Statik und Dynamik des Dynamidensystems nothwendig. Auch sind wir durch unsere Hypothese nicht im Stande, das Gesetz der Ausdehnung bei zunehmender Temperatur zu bestimmen, sondern müssen uns in dieser Hinsicht mit dem Empirismus begnügen. Die Physiker nehmen an, dass bei festen Körpern jede Längeneinheit durch jeden Grad Temperaturänderung um gleich viel ausgedehnt wird. Dass ferner bei flüssigen Körpern jede Volumeneinheit durch jeden Temperaturgrad um gleich viel ausgedehnt wird.

Nennt man für einen festen Körper L die Länge, bei flüssigen Körpern v das Volumen bei 0° Temperatur und unter dem Druck der Atmosphäre, β den Coefficienten für die Längen-, α den Coefficienten für die Volumenausdehnung, so ist für eine Temperatur t : $L(1 + \beta t)$ und $v(1 + \alpha t)$ die Länge des festen und das Volumen des flüssigen Körpers. Jeder festen und tropfbar-flüssigen Substanz entsprechen individuelle Ausdehnungscoefficienten. Für die verschiedenen Gase ist der Ausdehnungscoefficient beinahe constant, was darauf hindeutet, dass bei den Gasen, so lange sie nur dem Druck der Atmosphäre ausgesetzt sind, die Entfernung der Atome so gross ist, dass die Anziehung zwischen den Körperatomen beinahe verschwunden und nur noch die Repulsivkraft der Aetherhüllen wirksam ist, und da die Dichte des Aethers in den Gasen constant ist, so wird es wohl begreiflich, dass die Gase beinahe einerlei Ausdehnung zeigen. Sehr stark comprimirte Gase werden wahrscheinlich nicht mehr gleiche Ausdehnung zeigen, weil in diesem Falle die Attraktivkräfte der Körperatome einen merklichen Einfluss ausüben könnten.

In den Resultaten für den Maschinenbau findet man Seite 186 die Ausdehnungscoefficienten für verschiedene feste Körper und Seite 187 die Ausdehnungscoefficienten für verschiedene Gase. Diese letzteren Coefficienten sind von *Regnault* gefunden worden und

weichen so wenig von anderen ab, dass man wohl in allen technischen Rechnungen für alle Gase, so wie auch für die atmosphärische Luft

$$\alpha = 0.00367$$

setzen darf.

Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalentes oder des motorischen Werthes einer Wärmeeinheit. Legen wir uns die Aufgabe vor, die Wirkung zu berechnen, welche erforderlich ist, um Q Kilogramm atmosphärische Luft von t° bis T° zu erwärmen, wenn sich die Luft während des Erwärmungsaktes ausdehnen kann, und folglich stets die Spannkraft der atmosphärischen Luft beibehält. Also Erwärmung mit Volumenänderung und bei constantem äusseren Druck: In diesem Falle muss nicht nur der Schwingungszustand des Aethers gesteigert werden, sondern es ist auch eine Wirkung nothwendig, um den äusseren atmosphärischen Druck zu überwinden.

Nennen wir:

γ_0 das Gewicht von einem Kubikmeter atmosphärische Luft bei 0° Temperatur und unter dem Druck \mathfrak{A} der Atmosphäre, so ist $\frac{\gamma_0}{1 + \alpha t}$ das Gewicht von einem Kubikmeter Luft bei t° Temperatur und $\frac{\gamma_0}{1 + \alpha T}$ bei T° Temperatur und unter dem Druck der Atmosphäre.

Ist also das ursprüngliche Luftvolumen \mathfrak{B} und das durch die Temperaturerhöhung entstehende \mathfrak{B}_1 , so hat man

$$Q = \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t} \mathfrak{B} = \frac{\gamma_0}{1 + \alpha T} \mathfrak{B}_1 \dots \dots \dots (1)$$

dennach

$$\mathfrak{B}_1 = \mathfrak{B} \frac{1 + \alpha T}{1 + \alpha t}$$

und

$$\mathfrak{B}_1 - \mathfrak{B} = \mathfrak{B} \left(\frac{1 + \alpha T}{1 + \alpha t} - 1 \right) = \frac{\mathfrak{B} \alpha (T - t)}{1 + \alpha t}$$

oder auch wegen (1), wenn man \mathfrak{B} durch Q ausdrückt

$$\mathfrak{B}_1 - \mathfrak{B} = \frac{\alpha}{\gamma_0} (T - t) Q \dots \dots \dots (2)$$

Die Arbeit, welche das Gas zu entwickeln hat, indem es während seiner Ausdehnung um $\mathfrak{B}_1 - \mathfrak{B}$ den atmosphärischen Druck \mathfrak{A} überwindet, ist aber $(\mathfrak{B}_1 - \mathfrak{B}) \mathfrak{A}$, dennach, wenn man für $\mathfrak{B}_1 - \mathfrak{B}$ seinen Werth aus (2) einführt,

$$\frac{\alpha}{\gamma_0} (T - t) Q \mathfrak{A} \dots \dots \dots (3)$$

Die Wirkung, welche erforderlich ist, um die Temperatur des Gases von t auf T zu bringen, haben wir schon früher gleich $Q \mathfrak{G} (T - t) k$ gefunden, und es bedeutet hier \mathfrak{G} die Wärmekapazität bei konstantem Volumen, weil nur diese Wärmekapazität das wahre Maass des in einem Kilogramm Luft enthaltenen Aethers ausdrückt. Die totale Arbeit oder Wirkung, welche der Ausdehnung und Erwärmung entspricht, ist demnach

$$\frac{\alpha}{\gamma_0} (T - t) Q \mathfrak{A} + Q \mathfrak{G} (T - t) k \dots \dots (4)$$

Diese Wirkung ist aber gleich zu setzen $Q \mathfrak{G}_1 (T - t) k$, wobei \mathfrak{G}_1 die (uneigentliche) Wärmekapazität der Luft bei konstantem Druck bezeichnet. Wir erhalten daher die Gleichung

$$Q \mathfrak{G}_1 (T - t) k = Q \mathfrak{G} (T - t) k + \frac{\alpha}{\gamma_0} (T - t) Q \mathfrak{A}$$

und hieraus folgt:

$$k = \frac{\alpha \mathfrak{A}}{\gamma_0 (\mathfrak{G}_1 - \mathfrak{G})} \dots \dots (5)$$

Allein es ist: $\alpha = 0.00367$, $\mathfrak{A} = 10334$, $\gamma_0 = 1.293$, $\mathfrak{G}_1 = 0.2377$ (nach *Regnault*), $\mathfrak{G} = 0.1686$ (nach *Laplace*).

Vermittelst dieser Daten folgt aus (5):

$$k = 424^{\text{Kilgm}}$$

Jeder Wärmeeinheit entspricht also die ungemein grosse Wirkungsgrösse von 424^{Kilgm} . Beinahe 6 Pferdekräfte ($\text{à } 75^{\text{Kilgm}}$) müssen eine Sekunde lang thätig sein, um eine Wirkungsgrösse hervorzu- bringen, die im Stande ist, die Temperatur von einem Kilogramm Wasser um einen Grad zu erhöhen, woraus man schon erkennen kann, dass es wohl selten vortheilhaft sein wird, Wärme durch mechanische Motoren zu erzeugen, da man mit einem einzigen Kilogramm Steinkohlen 7000 Wärmeeinheiten, demnach $7000 \times 424 = 2968000^{\text{Kilgm}}$ gewinnen kann. Aber umgekehrt ist es ausserordentlich anlockend, mechanische Arbeiten durch Wärme verrichten zu lassen, aber wir werden sogleich sehen, dass wir gegenwärtig noch nicht die wirksamen Mittel besitzen, wodurch wir bewirken können, dass Wärme (Temperatur) verschwindet und dafür mechanische Arbeit hervorgeht.

Verwandlung der Wärme in Arbeit. Die in einem Körper enthaltene Wärmemenge ist die lebendige Kraft des im Körper schwingenden Aethers. Die Benutzung dieser lebendigen Kraft zur Ver-

richtung von mechanischen Arbeiten kann nur dadurch geschehen, indem man dem Körper die lebendige Kraft des Aethers entzieht und sie dann auf eine geschickte Art in Arbeit umwandelt, ähnlich wie dies bei einem Wasserstrom geschieht, den wir auf eine Turbine oder auf ein Wasserrad einwirken lassen. Allein gerade die Prozesse, durch welche wir dem strömenden Wasser seine lebendige Kraft entziehen und in Arbeit umwandeln, belehren uns, dass diese Umwandlung bei der Wärme grosse Schwierigkeiten hat. Wir verstehen es sehr wohl, einen Wasserstrom, in welchem alle Wassertheilchen mit gleicher Geschwindigkeit geradlinig fortziehen, seine lebendige Kraft mittelst einer Turbine oder einem Wasserrade zu entziehen, so dass wir 70 bis 75 Prozent von der im Wasser enthaltenen lebendigen Kraft gewinnen. Allein wenn wir einen Wasserstrom oder eine Wassermasse haben, in welcher nur allein rasch wirbelnde Bewegungen vorkommen, so wissen wir uns nicht zu helfen, weil wir keinerlei Maschinen oder Apparate besitzen, wodurch wir dem Wasser die lebendige Kraft seiner wirbelnden Bewegung entziehen könnten.

Ganz ähnlich verhält es sich mit den der Wärme entsprechenden Aetherschwingungen in den Hüllen. Wir können wohl den warmen Körper abkühlen, indem wir ihn mit einem anderen kalten Körper in Contact bringen, allein dann erhalten wir in diesem zweiten Körper wiederum nur Aetherschwingungen. Zwei Mittel kennen wir jedoch, durch welche den Körpern die lebendigen Kräfte der Aetherschwingungen entzogen und in Arbeit umgewandelt werden können. Das erste dieser Mittel ist die Expansion von erhitzter und komprimirter Luft, und das zweite ist der Dampf der Flüssigkeiten. Befindet sich in einem mit einem Kolben versehenen Cylinder heisse atmosphärische Luft und entsteht eine Bewegung des Kolbens, die das Luftvolumen vergrössert, daher eine Expansion der Luft herbeiführt, so nimmt die Temperatur der Luft ab, die lebendige Kraft des in der Luft enthaltenen Aethers nimmt also ab, oder es wird der Luft eine lebendige Kraft entzogen, die durch $Q_{\text{ek}} \Delta t$ ausgedrückt wird. Allein während dieses Expansionsaktes übt die Luft gegen den Kolben beständig einen Druck aus, dessen Intensität jedoch bei fortschreitender Expansion abnimmt. Es wird daher dem Kolben eine Arbeit $\int_0^y y dx$ mitgetheilt, d. h. wir erhalten für die verschwundene Wärme $Q_{\text{ek}} \Delta t$ die mechanische Arbeit $\int_0^y y dx$, oder es ist

$$Q_{\text{ek}} \Delta t = \int_0^y y dx$$

Wir werden in der Folge sehen, dass hierauf die bis jetzt in Anwendung gekommenen calorischen Maschinen beruhen. Allein dieses Mittel der Expansion ist nicht energisch genug, es müssen sehr grosse Luftmassen sehr stark expandirt werden, um eine bedeutende mechanische Arbeit zu gewinnen, und daher werden derartige Maschinen viel zu voluminös.

Das zweite Mittel zur Verwandlung der Wärme in mechanische Arbeit ist wohl sehr energisch, aber es ist mit Wärmeverschwendung verbunden. Es ist hier nicht der Ort, die Bildung des Dampfes und seine Verwendung mittelst der Dampfmaschine zu besprechen, sondern ich beschränke mich darauf, die Thatsache auszusprechen, dass die besten Dampfmaschinen stündlich für jede Pferdekraft ihrer Nutzleistung wenigstens $2^{\text{Kil}}_{\text{Steinkohlen}}$ erfordern, d. h. man erhält mit $2^{\text{Kil}}_{\text{Steinkohlen}}$ eine nützliche Arbeit von $3600 \times 75 = 270000^{\text{Kilgm}}$ und mit $1^{\text{Kil}}_{\text{Steinkohlen}}$ 135000^{Kilgm} . Allein wir werden in der Folge erfahren, dass durch eine vollständige Verbrennung von $1^{\text{Kil}}_{\text{Steinkohlen}}$ in atmosphärischer Luft 7000 Wärmeeinheiten entwickelt werden, also geben diese besten Dampfmaschinen für jede im Brennstoff enthaltene Wärmeeinheit $\frac{135000}{7000} = 19^{\text{Kilgm}}$. Aber einer Wärmeeinheit entsprechen, wie wir gesehen haben, $k = 424^{\text{Kilg}}$. Es wird also durch die besten Dampfmaschinen nur $\left(\frac{19}{424} = \frac{1}{22}\right)$ der zweiundzwanzigste Theil der Wärme nutzbringend gemacht.

Hieraus sieht man, dass wir noch nicht die Geschicklichkeit haben, die Wärme vortheilhaft in Arbeit umzuwandeln. Die zu lösende Aufgabe ist nicht die eines Mechanikers, sondern ist die eines Physikers. Es handelt sich um die Entdeckung einer Prozedur oder eines Verfahrens, wodurch in energischer und vollkommener Weise dem Aether die lebendige Kraft seiner schwingenden Bewegung entzogen und entweder direkt oder indirekt, aber vollständig, in Arbeit umgewandelt werden kann. Ist einmal diese Entdeckung gemacht, so wird man mit der eigentlichen Konstruktion der Maschine bald fertig sein, aber so lange diese Entdeckung nicht gemacht ist, wird die calorische Maschine nicht im Stande sein, die Dampfmaschine zu verdrängen, obgleich dieselbe mit so enormer Brennstoffverschwendung ihre Wirkungen hervorbringt.

Erwärmung und gleichzeitige Ausdehnung eines Gases. Legen wir uns die Aufgabe vor, die Wärmemenge zu berechnen, welche einer Gasmenge von Q Kilogramm Gewicht zugeführt werden muss,

damit dieselbe eine gewisse Temperaturänderung erleidet, während sie sich gleichzeitig ausdehnt.

Nennen wir γ_0 das Gewicht von einem Kubikmeter des Gases bei 0° Temperatur und unter einem Druck \mathfrak{A} , γ das Gewicht von einem Kubikmeter desselben Gases aber bei einer Temperatur t und unter einem Druck y , so ist nach dem *Gay Lussac-Mariott'schen* Gesetze, dessen Richtigkeit wir gelten lassen wollen,

$$\gamma = \frac{y}{\mathfrak{A}} \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t} \dots \dots \dots (1)$$

Nennen wir ferner v das Volumen des Gases bei t° Temperatur und unter dem Druck y , so ist $Q = \gamma v$, demnach

$$Q = \frac{y}{\mathfrak{A}} \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t} v \dots \dots \dots (2)$$

Wenn nun das Gas in einem gewissen Moment des kombinierten Aktes der Ausdehnung und Erwärmung ein Volumen v einnimmt, eine Temperatur t besitzt und eine Spannkraft y hat, so werden sich diese drei Grössen in dem nächstfolgenden unendlich kleinen Zeitelement um unendlich wenig ändern und werden in $y + dy$, $t + dt$, $v + dv$ übergehen.

Die Arbeit, welche der Temperaturänderung entspricht, ist $k Q \mathcal{G} dt$, wobei k das Wärmeäquivalent und \mathcal{G} die Wärmekapazität bei constantem Volumen bezeichnet. Die Wirkung, welche der Ausdehnung entspricht, ist $y dv$. Nennen wir nun dW die unendlich kleine Wärmemenge, welche im Zeitelement dem Gas zugeführt werden muss, damit die Erwärmung und Ausdehnung erfolgen kann, so ist $k dW$ die entsprechende Wirkungsgrösse oder lebendige Kraft, die dem Gas zugeleitet wird, und man hat daher

$$k dW = y dv + k Q \mathcal{G} dt \dots \dots \dots (3)$$

oder wenn man für y seinen Werth aus (2) einführt

$$dW = Q \left[\frac{\mathfrak{A} (1 + \alpha t)}{\gamma_0 k} \frac{dv}{v} + \mathcal{G} dt \right] \dots \dots \dots (4)$$

Diese Differenzialgleichung kann nur dann integrirt werden, wenn das Gesetz der Wärmezuführung bekannt ist, wenn z. B. W als Funktion von v gegeben ist.

Wir wollen diese Gleichung auf mehrere spezielle Fälle anwenden.

1) Die Wärmezuführung werde in der Weise geregelt, dass die Luft während ihrer Ausdehnung keine Temperaturänderung erleidet, dann ist t eine Constante und $dt = 0$, daher

$$dW = \frac{Q \mathfrak{A} (1 + \alpha t)}{\gamma_0 k} \frac{dV}{V}$$

Da t constant ist, kann diese Gleichung integrirt werden und dann findet man

$$W = \frac{\mathfrak{A} Q (1 + \alpha t)}{\gamma_0 k} \operatorname{lognat} \frac{V_1}{V_0} \dots \dots \dots (5)$$

wobei V_0 das anfängliche, V_1 das Volumen nach geschehener Ausdehnung bezeichnet.

Ist p_0 die anfängliche Spannkraft der Luft, so hat man wegen (2)

$$\frac{\mathfrak{A} Q (1 + \alpha t)}{\gamma_0} = p_0 V_0$$

dennach wird

$$W = p_0 V_0 \operatorname{lognat} \frac{V_1}{V_0} \dots \dots \dots (6)$$

Dieses Resultat ist ganz richtig, denn wenn die Ausdehnung ohne Temperaturänderung erfolgen soll, geschieht sie nach dem Mariott'schen Gesetz.

2) Nehmen wir zweitens an, die Ausdehnung geschehe ohne Wärmeleitung, aber auch ohne Wärmeverlust durch die Wände des Gefässes, dann ist für jedes Zeitelement $dW = 0$ und die Gleichung (4) wird

$$0 = \frac{\mathfrak{A} (1 + \alpha t)}{\gamma_0 k} \frac{dV}{V} + \mathfrak{G} dt$$

Hieraus folgt:

$$\frac{dt}{1 + \alpha t} = - \frac{\mathfrak{A}}{\gamma_0 k \mathfrak{G}} \frac{dV}{V}$$

Das Integrale dieser Gleichung ist

$$\frac{1}{\alpha} \operatorname{lognat} (1 + \alpha t) = - \frac{\mathfrak{A}}{\gamma_0 k \mathfrak{G}} \operatorname{lognat} V + \text{Const} \dots \dots (7)$$

Ist t_0 die Temperatur für $v = V_0$, t_1 die Temperatur für $v = V_1$, so hat man:

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{\alpha} \operatorname{lognat} (1 + \alpha t_0) &= - \frac{\mathfrak{A}}{\gamma_0 k \mathfrak{G}} \operatorname{lognat} V_0 + \text{Const} \\ \frac{1}{\alpha} \operatorname{lognat} (1 + \alpha t_1) &= - \frac{\mathfrak{A}}{\gamma_0 k \mathfrak{G}} \operatorname{lognat} V_1 + \text{Const} \end{aligned} \right\} \dots \dots (8)$$

Die Differenz dieser Gleichungen gibt

$$\frac{1}{\alpha} \operatorname{lognat} \frac{1 + \alpha t_0}{1 + \alpha t_1} = \frac{\mathfrak{A}}{\gamma_0 k \mathfrak{G}} \operatorname{lognat} \frac{V_1}{V_0}$$

oder

$$\frac{1 + \alpha t_0}{1 + \alpha t_1} = \left(\frac{V_1}{V_0}\right)^{\frac{\gamma_0 k \mathfrak{G}}{\gamma_0 k c}} \dots \dots \dots (9)$$

Allein wir haben früher Seite 257, Gleichung (5), gefunden

$$\frac{\gamma_0 k}{\gamma_0 k} = \mathfrak{G}_1 - \mathfrak{G}, \text{ demnach ist } \frac{\gamma_0 k}{\gamma_0 k c} = \left(\frac{\mathfrak{G}_1}{\mathfrak{G}} - 1\right)$$

Die Gleichung (8) wird demnach:

$$\frac{1 + \alpha t_0}{1 + \alpha t_1} = \left(\frac{V_1}{V_0}\right)^{\left(\frac{\mathfrak{G}_1}{\mathfrak{G}} - 1\right)} \dots \dots \dots (10)$$

Nennen wir s_0 und s_1 die Spannkräfte am Anfang und Ende der Expansion, so ist vermöge (2)

$$1 + \alpha t_0 = \frac{S_0 \gamma_0 V_0}{Q \mathfrak{A}}$$

$$1 + \alpha t_1 = \frac{S_1 \gamma_0 V_1}{Q \mathfrak{A}}$$

demnach

$$\frac{1 + \alpha t_0}{1 + \alpha t_1} = \frac{S_0 V_0}{S_1 V_1}$$

und folglich wird die Gleichung (10)

$$\frac{S_0}{S_1} = \left(\frac{V_1}{V_0}\right)^{\frac{\mathfrak{G}_1}{\mathfrak{G}}} \dots \dots \dots (11)$$

Nennt man A_1 und A_0 die Dichten, welche den Volumen v_1 und v_0 entsprechen, so ist $\frac{V_1}{V_0} = \frac{A_0}{A_1}$ und die Gleichungen (10) und (11) werden hierdurch

$$\left. \begin{aligned} \frac{1 + \alpha t_0}{1 + \alpha t_1} &= \left(\frac{A_0}{A_1}\right)^{\frac{\mathfrak{G}_1}{\mathfrak{G}} - 1} \\ \frac{S_0}{S_1} &= \left(\frac{A_0}{A_1}\right)^{\frac{\mathfrak{G}_1}{\mathfrak{G}}} \end{aligned} \right\} (12)$$

Nun ist $\mathfrak{G}_1 = 0.2377$, $\mathfrak{G} = 0.1686$, demnach

$$\frac{\mathfrak{G}_1}{\mathfrak{G}} = 1.41 \text{ und } \frac{\mathfrak{G}_1}{\mathfrak{G}} - 1 = 0.41$$

Das durch die Gleichungen (12) ausgedrückte Gesetz würde mit dem Mariott'schen übereinstimmen, wenn \mathfrak{G} , gleich \mathfrak{G}_1 wäre.

Wir wollen es, weil $\frac{G}{G}$ nicht gleich der Einheit ist, das potenzierte Mariott'sche Gesetz nennen. Es ist zuerst von *Poisson* aufgefunden worden, aber auf einem Wege, der mit dem von uns betretenen in keinem Zusammenhang steht.

Die Aggregatzustände und ihre Uebergänge. Es gibt feste, weiche, zäh flüssige, leicht flüssige oder tropfbar flüssige, dampfartige und gasartige Substanzen. Manche Substanzen kommen nur in einem, andere dagegen kommen in mehreren Aggregatzuständen vor. Das Wasser kennen wir als Eis, im tropfbaren Zustand und als Dampf, den Kohlenstoff nur im festen Zustand, aber weder als Gas noch als Flüssigkeit, Schmiedeeisen im festen, weichen und flüssigen Zustand, nicht aber als Gas. Der feste und gasförmige oder dampfförmige Zustand findet in unserer atomistischen Anschauungsweise seine natürliche Erklärung. Aber räthselhaft ist der tropfbar flüssige Zustand, d. h. der Zustand, in welchem eine vollkommen leichte Verschiebbarkeit der kleinsten Theilchen, eine leichte Trennung derselben, aber eine so schwere Zusammendrückbarkeit stattfindet. Wenn überhaupt ein spezifischer Unterschied zwischen Dämpfen und Gasen besteht, so dürfte dieser darin bestehen, dass die Dämpfe ihre ausdehnsame Form der Erwärmung oder dem Schwingungszustand des Aethers in den Hüllen verdanken, daher durch Abkühlung in den festen oder tropfbaren Zustand übergehen, während die Gase selbst dann ihre ausdehnsame Form beibehalten, wenn dieselben ganz abgekühlt werden, also der Schwingungszustand des Aethers gänzlich aufgehoben wird.

Die Uebergänge aus einem Aggregatzustand in einen anderen geschehen in der Regel durch Erwärmung der Substanzen, und es kommen dabei vorzugsweise zwei Momente in Betrachtung, 1) die Temperatur, bei welcher die Aenderung des Aggregatzustandes eintritt, 2) die Wärmemenge, die dem Körper zugeführt werden muss, damit eine solche Aenderung eintritt.

Die Temperaturen, bei welchen die Aenderungen der Aggregatzustände eintreten, können selbstverständlich nur durch Versuche ausgemittelt werden. Die Tabelle Seite 188 der Resultate enthält die Schmelzpunkte für verschiedene in technischer Hinsicht wichtige Substanzen. Auch sind daselbst die Siedepunkte verschiedener Flüssigkeiten angegeben.

Was die Wärmemenge betrifft, die einer Substanz zugeführt werden muss, um die Aenderung ihres Aggregatzustandes herbeizuführen, so kann man hierüber mit einiger Wahrscheinlichkeit Fol-

gendes aussprechen. Wenn eine Substanz aus einem Zustand A in einen Zustand B übergeht, muss eine Aenderung der Nebeneinander-Grüppirung der Atome eintreten, es muss eine Art Zersetzung statt finden, und dies erfordert Arbeit, welche einen Theil der lebendigen Kraft erschöpft, welche dem Körper durch den Erwärmungsakt zugeführt wird. Diese als fühlbare Wärme verschwindende lebendige Kraft nennt man die gebundene Wärme, und es scheint, dass dieselbe für jede besondere Substanz einen bestimmten constanten Werth m hat. Allein im Zustand B hat die Substanz eine andere Temperatur als im Zustand A. Es ist also auch Wärme nothwendig, um diese Temperatur hervorzubringen, und wir dürfen sie gleich $n t$ setzen, wobei n eine der Wärmekapazität der Substanz ähnliche Grösse ist. Die totale Wärmemenge, welche erforderlich ist, um die Aggregatzustände von einem Kilogramm einer Substanz zu ändern, ist daher wahrscheinlich auszudrücken durch die einfache Formel

$$m + n t \dots \dots \dots (1)$$

Für Wasserdampf bestätigt sich diese Regel. Nach den genauesten Versuchen von *Regnault* sind

$$606.5 + 0.305 t$$

Wärmeeinheiten erforderlich, um 1^{Kilogramm} Wasser von 0° Temperatur in Dampf von t ° Temperatur zu verwandeln.

Die Aenderung des Aggregatzustandes scheint mit einer Aetheraufnahme oder mit einer Aetherausscheidung verbunden zu sein. Die spezifische Wärme des Eises ist 0.513, die des Wassers 1.000, die des Wasserdampfes 0.475. Allein die Wärmekapazitäten drücken die Anzahl der Aetheratome aus, die in der Gewichtseinheit eines Stoffes enthalten sind. In einem Kilogramm Wasser sind demnach $\frac{1.000}{0.513} = 1.95$ mal so viel Aetheratome enthalten, als in 1^{Kilogramm} Eis.

Wenn also Eis schmilzt, findet Aetheraufnahme statt, wenn Wasser gefriert, findet Aetherausscheidung statt. Die Verdampfung des Wassers geschieht mit Aetherausscheidung, und darauf beruht wahrscheinlich die Dampfkessel-Elektrirmaschine.

Wärmewirkungen bei chemischen Vorgängen. Chemische Vorgänge sind entweder Molekülbildungen oder Molekülzerlegungen oder Molekülzerlegungen und darauf folgende Molekülbildungen. Die Bildung eines Moleküles ist mit Produktion, die Zerlegung mit Consumption von Arbeit verbunden, denn die Bildung besteht in einer Annäherung der Atome und gleichzeitiger Anziehung, die Zerle-

gung in einer Entfernung der Atome und gleichzeitiger Anziehung. Entsteht ein Molekül aus zwei Atomen zweier Stoffe und nennt man q_1 und q_2 die Gewichte der Atome, $f(r)$ die auf die Masseneinheiten bezogene Anziehungskraft der Atome, wenn ihre Entfernung r ist, r_0 die Entfernung der Atome im Molekül, r_1 die Entfernung der Atome vor ihrer Verbindung oder nach ihrer Zerlegung, so ist:

$$\int_{r_0}^{r_1} q_1 q_2 f(r) \, d r$$

die Wirkung, welche durch den chemischen Vorgang produziert oder consumirt wird, je nachdem ein Molekül gebildet oder zerlegt worden ist. Da $f(r)$ nur für unmessbar kleine Werthe von r von Belang ist, für alle messbaren Entfernungen aber verschwindend klein, so kann man auch statt r_1 , ∞ setzen.

Entsteht ein Molekül aus drei Atomen q_1 , q_2 , q_3 und sind $F(r)$, $G(r)$, $H(r)$ die auf die Masseneinheiten bezogenen Kräfte, r_{12} , r_{13} , r_{23} die Entfernungen dieser Atome im Molekül, so ist die Gesamtwirkung, welche bei dem Vorgang entwickelt wird

$$\int_{r_{12}}^{\infty} q_1 q_2 F(r) \, d r + \int_{r_{13}}^{\infty} q_1 q_3 G(r) \, d r + \int_{r_{23}}^{\infty} q_2 q_3 H(r) \, d r$$

Allgemein kann die Wirkung, welche bei der Bildung eines Moleküls aus einer beliebigen Anzahl von Atomen entwickelt wird, ausgedrückt werden durch

$$\sum_{\substack{m \\ n}} \int_{r_{mn}}^{\infty} q_m q_n f(r) \, d r$$

Ebenso gross ist auch die Wirkung, welche zur Zerlegung eines solchen Moleküls nothwendig ist.

Entsteht nicht nur ein Molekül, sondern J Moleküle, so ist die dem Vorgang entsprechende Wirkungsgrösse

$$J \sum_{\substack{m \\ n}} \int_{r_{mn}}^{\infty} q_m q_n f(r) \, d r$$

Zuweilen kann ein zusammengesetzter Körper durch starke Erhitzung zerlegt werden. Dies geschieht, indem der Körper von aussen lebendige Kraft in sich aufnimmt, die in den Aether des Körpers übergeht, und denselben so heftig schwingen macht, dass

die Aetherhüllen stark anschwellen, sich heftig abstossen, wodurch die Körperatome des Moleküls so weit auseinander gehen, dass die Abstossungskräfte der Aetherhüllen das Uebergewicht erhalten und eine Auflösung eintritt. Die lebendige Kraft, welche jedes Molekül zu seiner Auflösung bedarf, ist gleich derjenigen Wirkung, welche der Distanzänderung der Körper- und Aetheratome des Moleküls entsprechen und der lebendigen Kraft, welche der Differenz der Temperaturen entspricht, die im Moleküle vor seiner Erwärmung und unmittelbar nach seiner Auflösung vorhanden sind.

Nennen wir w die Wärmemenge in Calorien ausgedrückt, die der Zerlegung von Q Kilogramm eines Stoffes entspricht, \mathcal{C} die Wärmekapazität des Stoffes, t die ursprüngliche Temperatur, T die Temperatur nach erfolgter Zerlegung, so können wir setzen

$$w = \frac{J}{k} \sum \int_{m_n}^{q_n} f(x) dx + Q \mathcal{C} (T - t)$$

wobei $f(x)$ in dem Sinn genommen ist, dass es die Wechselwirkung zweier Dynamiden und nicht die Wechselwirkung zweier Körperatome ausdrückt.

$$\frac{J}{k} \sum \int_{m_n}^{q_n} f(x) dx$$

drückt die sogenannte gebundene oder latente Wärme aus, d. h. es ist derjenige Theil der dem Körper zuzuleitenden lebendigen Kraft, welche rein verschwindet, indem sie die Aenderung der Molekulargruppierung hervorbringt.

Wenn bei einem chemischen Vorgang theils Zersetzungen, theils Umbildungen entstehen, so hat man zu setzen

$$W + \Sigma B - \Sigma Z = \Sigma Q \mathcal{C} (T - t)$$

wobei bezeichnet: w die Wärmemenge, welche von aussen den Stoffen zugeführt wurde, ΣB die Summe der als Wärmeeinheiten ausgedrückten Wirkungen, die durch die chemischen Verbindungen entwickelt wurden, ΣZ die Summe der als Wärmeeinheiten ausgedrückten Wirkungen, die durch die chemischen Zerlegungen consumirt wurden, endlich $\Sigma Q \mathcal{C} (T - t)$ die Wärmemenge, welche erforderlich ist, um allen Stoffen, die bei dem chemischen Vorgang anwesend sind, die Temperaturänderungen zu ertheilen. Aus dieser Gleichung folgt auch

$$T = \frac{W + \Sigma B - \Sigma Z + \Sigma Q \mathcal{C} t}{\Sigma Q \mathcal{C}}$$

wodurch die Temperatur berechnet ist, die nach beendigtem chemischen Gesammtakt in den sämmtlichen Stoffen vorhanden ist.

Manche chemische Vorgänge, insbesondere die Verbrennungsprozesse sind von den heftigsten Wärmeerscheinungen begleitet, die wir im ganzen Gebiet der Physik und Chemie kennen. Aber die Ursache dieser Wärmewirkungen wusste man bisher nicht zu erklären. Aus unserer atomistischen Anschauungsweise erklären sich dieselben ganz natürlich, und diese heftigen Wärmewirkungen sind ein Beweis theils von der Existenz des Aethers in den Stoffen, theils von der ausserordentlich energischen chemischen Anziehung, die zwischen gewissen Stoffen herrscht. Wenn man bedenkt, dass die Verbrennung von $1^{\text{Kilogramm}}$ Kohlen zu Kohlensäure 7000 Wärmeeinheiten liefert, und dass jeder Wärmeeinheit $424^{\text{Kilogramm}}$ entsprechen, dass folglich durch die Verbrennung von einem Kilogramm Brennstoff $7000 \times 424 = 2968000^{\text{Kilogramm}}$ Arbeit oder lebendige Kraft entsteht, so muss man doch die Ueberzeugung gewinnen, dass zwischen den Atomen gewisser Stoffe höchst energische Anziehungskräfte wirken müssen.

Es ist wirklich unbegreiflich, dass die meisten Chemiker und Physiker auch heut zu Tage noch kaum eine Ahnung haben von diesem Krafterfülltsein der Stoffe.

Chemische Verbindungen mit Aetherauscheidung oder Aetheraufnahme.

Wenn mehrere Stoffquantitäten Q_1, Q_2, Q_3, \dots , deren Wärmekapazitäten $\mathcal{G}, \mathcal{G}', \mathcal{G}'' \dots$ sind, in chemische Verbindung treten und daraus ein Körper entsteht, dessen Gewicht $Q_1 + Q_2 + Q_3$ ist, dessen Wärmekapazität C ist, so ist die in den Stoffen vor ihrer Verbindung enthaltene Aethermenge $Q_1 \mathcal{G} + Q_2 \mathcal{G}' + Q_3 \mathcal{G}'' = \sum Q \mathcal{G}$, dagegen die Aethermenge der Verbindung $C \sum Q$. Ist $C \sum Q = \sum Q \mathcal{G}$, so ist in der Verbindung so viel Aether enthalten, als in den Bestandtheilen vor ihrer Verbindung enthalten war. Ist dagegen $\sum Q \mathcal{G} > C \sum Q$, so ist in den Bestandtheilen mehr Aether enthalten, als in der Verbindung, und dann muss der chemische Vorgang mit Aetherauscheidung geschehen sein. Ist endlich $\sum Q \mathcal{G} < C \sum Q$, ist also in der Verbindung mehr Aether enthalten, als in den Bestandtheilen, so muss der chemische Vorgang mit Aetheraufnahme aus der Umgebung statt gefunden haben.

Nennt man s_1, s_2, s_3 die spezifischen Gewichte mehrerer Gase, $\mathcal{B}_1, \mathcal{B}_2, \mathcal{B}_3 \dots$ die Gasvolumen der in Verbindung tretenden Gase, \mathcal{B} das Volumen des durch die Verbindung entstehenden Gases, so sind

$$\mathcal{B}_1 s_1 \mathcal{G}' + \mathcal{B}_2 s_2 \mathcal{G}'' + \mathcal{B}_3 s_3 \mathcal{G}''' + \dots$$

die Aethermengen, welche die Bestandtheile der Verbindung enthalten, dagegen $\mathfrak{V}_{s c}$ die Aethermenge der Verbindung. Allein diese Produkte $s_1 \mathfrak{G}'$, $s_2 \mathfrak{G}'' \dots$ sind die Dichten des Aethers und diese sind für alle Gase constant oder es ist

$$s_1 \mathfrak{G}' = s_2 \mathfrak{G}'' = s_3 \mathfrak{G}''' = \dots$$

daher sieht man, dass die chemische Verbindung a) ohne Aenderung des Aethergehalts, b) mit Aetherausscheidung, c) mit Aetheraufnahme erfolgt, je nachdem

$$\mathfrak{V}_1 + \mathfrak{V}_2 + \mathfrak{V}_3 + \dots = \mathfrak{V}$$

$$\mathfrak{V}_1 + \mathfrak{V}_2 + \mathfrak{V}_3 + \dots > \mathfrak{V}$$

$$\mathfrak{V}_1 + \mathfrak{V}_2 + \mathfrak{V}_3 + \dots < \mathfrak{V}$$

In den meisten Fällen, scheint es, ist $\mathfrak{V}_1 + \mathfrak{V}_2 + \mathfrak{V}_3 > \mathfrak{V}$ oder ist das Gasvolumen der Verbindung kleiner als die Summe der Volumina der Bestandtheile, die Gasverbindungen erfolgen also meistens mit Aetherausscheidung. Weil aber bei allen chemischen Verbindungen Wirkungsgrößen entwickelt werden, die in den Aether übergehen, so wird sich der ausgeschiedene Aether immer in einem Schwingungszustand befinden; wird folglich, je nachdem die Schwingungsweise beschaffen ist, Licht, Wärme oder Elektrizitätserscheinungen zeigen.

Beispiele über Gasverbindungen:

A. Ohne Aetheraufnahme, ohne Aetherausscheidung.

$$\mathfrak{V}_1 + \mathfrak{V}_2 + \dots = \mathfrak{V}$$

- 1) 2 Vol. Chlor mit 2 Vol. Wasserstoff geben 4 Vol. Chlorwasserstoff,
- 2) 2 „ Stickstoff mit 2 Vol. Sauerstoff geben 4 Vol. Stickoxyd.

B. Mit Aetherausscheidung.

$$\mathfrak{V}_1 + \mathfrak{V}_2 + \dots > \mathfrak{V}$$

- 1) 2 Vol. Wasserstoff mit 1 Vol. Sauerstoff geben 2 Vol. Wasser,
- 2) 1 „ Kohlenstoff „ 2 „ Sauerstoff „ 2 „ Kohlensäure,
- 3) 1 „ Kohlenstoff }
 1 „ Sauerstoff } geben 2 Vol. Phosgengas,
 2 „ Chlor }
- 4) 2 „ Wasserstoff }
 $\frac{1}{3}$ „ Schwefel } geben 2 Vol. Schwefelwasserstoff,

- | | | |
|--------------------------|---|---------------------------------|
| 5) 2 Vol. Wasserstoff | } | geben 2 Vol. Selenwasserstoff, |
| $\frac{1}{3}$ " Selen | | |
| 6) 2 " Wasserstoff | } | geben 2 Vol. Tellurwasserstoff, |
| $\frac{1}{1}$ " Tellur | | |
| 7) 2 " Sauerstoff | } | geben 2 Vol. schweflige Säure, |
| $\frac{1}{3}$ " Schwefel | | |
| 8) 2 " Sauerstoff | } | geben 2 Vol. selenige Säure, |
| $\frac{1}{3}$ " Selen | | |
| 9) 3 " Sauerstoff | } | geben 2 Vol. Schwefelsäure. |
| $\frac{1}{3}$ " Schwefel | | |

C. Mit Aetheraufnahme.

$$\mathfrak{A}_1 + \mathfrak{A}_2 + \dots < \mathfrak{A}$$

Hier ist nur ein Fall bekannt, nämlich:

- | | | |
|--------------------------|---|-----------------------------------|
| *) 1 Vol. Kohlenstoff | } | geben 2 Vol. Schwefelkohlenstoff. |
| $\frac{2}{3}$ " Schwefel | | |

Die Mehrzahl der Gasverbindungen geschieht mit Aetherauscheidungen.

Dynamische Bußände eines erschütterten Aethermediums. Nach unserer Anschauungsweise gibt es dreierlei Zustände, in welchen der Aether im Gleichgewicht sein kann: 1) der freie Aether in einem Raum, der keine Körperatome enthält, also der Aether im Welt-raum oder in einem luftleer gemachten Gefäß. In diesem freien Aether ist die Dichte überall gleich gross und ist die Elastizität nach allen Richtungen gleich gross. 2) Der Aether in einem Dynamidensystem. Hier bildet der Aether um die Körperatome atmosphärenartige Umhüllungen. Diese Hüllen berühren sich nicht und die Dichte des Aethers nimmt in jeder Hülle von dem Kerne an nach der Oberfläche der Hülle hinaus ab. Dieser Zustand entspricht wahrscheinlich den Gasen, so lange sie sich unter einem Druck befinden, der den gewöhnlichen atmosphärischen Druck nicht viel überschreitet. Würde man atmosphärische Luft bis auf 10 oder 20 Atmosphären comprimiren, so würden die Aetherhüllen bis zur

*) Das Kohlenstoffvolumen ist jedoch selbstverständlich nur theoretisch gerechnet, weil Kohle in Gasform nicht existirt. Vielleicht ist diese Berechnung nicht richtig, und gibt es gar keine Verbindung mit Aetheraufnahme.

wechselseitigen Berührung sich nähern. 3) Die periodische Anordnung des Aethers. Diese tritt dann ein, wenn die Körperatome einander so nahe gebracht werden, dass die Aetherhüllen der Dynamide in einander verfließen. Die Dichte des Aethers längs irgend einer Richtung ist in diesem Fall periodisch wiederkehrend. Sie ist am grössten an der Oberfläche jedes Körperatoms, am kleinsten in der Mitte zwischen je zwei Atomen.

Diese periodische Anordnung des Aethers ist wahrscheinlich bei allen dichten und festen Körpersubstanzen vorhanden.

Wir können diese drei Zustände des Aethers charakterisiren, indem wir sie nennen: 1) den Aetherzustand im leeren Raum, 2) den Aetherzustand in den Gasen unter gewöhnlichem äusseren Druck, 3) den Aetherzustand in den festen Körpern.

Wir wollen nun die dynamischen Zustände kennen zu lernen suchen, die in jedem dieser drei Aethermedien eintreten können, wollen jedoch von den Bewegungen der Körperatome ganz abstrahiren.

Dynamische Zustände im freien Aether. Wenn im Innern eines freien Aethers an einer bestimmten Stelle und innerhalb eines beschränkten Raumes eine momentane Erschütterung entsteht und hierauf das Medium sich selbst überlassen wird, so laufen von diesem Erschütterungscentrum zwei kugelförmige Wellen aus, von denen sich jede mit constanter, jede aber mit einer anderen Geschwindigkeit ausbreitet. Die Schwingungsrichtungen in der einen von den zwei Wellen fallen in die Wellenfläche, sind also senkrecht auf die Kugelradien oder sind transversal in Bezug auf die Fortpflanzungsrichtung. Die Schwingungsrichtungen in der zweiten Welle sind senkrecht auf die Wellenfläche, sind also in Bezug auf die Fortpflanzungsrichtung Longitudinalschwingungen. Die Schwingungsgeschwindigkeit der Aethertheile jeder von diesen zwei Wellen muss nothwendig mit der Ausbreitung der Wellen abnehmen, indem die Aethermasse, auf welche die Bewegung oder die lebendige Kraft übertragen wird, mit dem Anwachsen der Wellenflächen zunimmt. Nennt man r und R die Kugelhalbmesser derselben Welle in zwei Zeitmomenten, u und U die Schwingungsgeschwindigkeiten der Aethertheilchen in diesen zwei Kugelflächen, so muss sein:

oder

$$R^2 U^2 = r^2 u^2$$

$$\frac{U^2}{u^2} = \frac{r^2}{R^2}, \quad \frac{U}{u} = \frac{r}{R}$$

d. h. die Schwingungsgeschwindigkeiten der Aethertheilchen verhalten

sich umgekehrt wie ihre Entfernungen vom Erschütterungscentrum. Alles bisher Gesagte ist aus den Prinzipien der Mechanik streng nachweisbar und findet sich in verschiedenen Werken, welche die Schwingungstheorie allgemein mathematisch behandeln, nachgewiesen. Eine in einem freien Aether entstandene Erschütterung bringt also nichts hervor, als zwei Wellen, die sich mit ungleicher Geschwindigkeit ausbreiten. In einer dieser Wellen sind Transversalschwingungen, in der anderen Longitudinalschwingungen. Die physikalische und physiologische Bedeutung dieser Wellenbewegungen werden wir später besprechen und betrachten nun

Die dynamischen Zustände eines dynamisch oder periodisch angeordneten Aethermediums, wenn in demselben Erschütterungen hervorgerufen werden. In diesem Falle hat man zu betrachten, 1) die Schwingungen der Massenmittelpunkte aller an einem Körperatom gruppirten Aethertheilchen, 2) die relativen Bewegungen aller einem Körperatom zugehörigen Aetheratome gegen die Massenmittelpunkte derselben. Wendet man die allgemeinen Gesetze der Mechanik auf diesen Fall an, so kann man nachweisen, dass die Bewegungen der Massenmittelpunkte ähnlich, wie bei dem freien Aether, zwei kugelförmige Wellenflächen bilden (vorausgesetzt, dass die Elastizität nach allen Richtungen die gleiche ist). Die Schwingungsrichtungen sind in der einen dieser Wellenflächen transversal, in der anderen longitudinal. Kurz, alles was bei den Schwingungen des freien Aethers gesagt wurde, gilt auch von den Schwingungen der Aethermassen-Mittelpunkte eines dynamisch oder periodisch angeordneten Aethermediums, jedoch mit dem einzigen Unterschiede, dass die Schwingungsgeschwindigkeiten nicht mehr den Entfernungen verkehrt proportional sind. Es überträgt nämlich jede Dynamide die empfangene lebendige Kraft nicht vollständig auf die benachbarten, sondern es bleibt ein Rest von lebendiger Kraft zurück, wodurch relative Bewegungen der Aethertheilchen jeder Hülle gegen den Atomkern hervorgerufen werden. Nehmen wir an, dass diese restirenden Bewegungen in radiale Schwingungen übergehen — und wir haben schon früher wahrscheinlich gemacht, dass diese am leichtesten entstehen dürften — so ist der Erfolg einer momentanen Erschütterung eines solchen Doppelmediums innerhalb eines engen Raumes 1) die Entstehung zweier Wellen, eine mit Longitudinal- die andere mit Transversalschwingungen, 2) die Entstehung von Radialschwingungen des Aethers in den Dynamiden.

Wenn aber nicht bloss eine momentane Erschütterung, sondern wenn in einem beschränkten Raum des Mediums kontinuierliche Er-

schütterungen erregt werden, so werden fort und fort Wellenpaare ausgesendet und werden fort und fort in den Dynamiden Radialschwingungen hervorgerufen, und es tritt in dem ganzen Medium ein Beharrungszustand der Bewegung ein, wobei jede Dynamide in der nächstfolgenden hervorruft: 1) eine Longitudinalschwingung des Massenmittelpunktes, 2) eine Transversalschwingung des Massenmittelpunktes, 3) eine Aenderung des radialen Schwingungszustandes. Es lässt sich zwar noch nicht mit mathematischer Strenge nachweisen, scheint jedoch wahrscheinlich zu sein, dass die Bewegungsmitteltheilungen, welche durch die Radialschwingungen entstehen, sich nur langsam fortpflanzen, oder dass es ziemlich lange währt, bis eine Dynamide durch ihre Radialschwingungen eine beträchtliche lebendige Kraft an eine ihr benachbarte Dynamide abgibt. Diese durch die Radialschwingungen entstehenden Bewegungsmitteltheilungen richten sich übrigens nach der Entfernung der Atome. Sind die Atome weit von einander entfernt, wie es in den Gasen der Fall ist, so werden sich die Bewegungen der Radialschwingungen ganz langsam fortpflanzen. Sind dagegen die Atome einander sehr nahe, wie bei festen Körpern, so wird diese Bewegungsmitteltheilung rascher erfolgen.

In einem dynamisch oder periodisch angeordneten Medium wird also die Bewegung 1) durch eine Welle mit Longitudinalschwingungen, 2) durch eine Welle mit Transversalschwingungen, 3) durch radiale Schwingungen des Aethers in den Hüllen fortpflanzt, während im freien Aether die letztere dieser Bewegungen nicht vorkommt. Wir wollen nun sehen, was diese drei Bewegungfortpflanzungen in physikalischer und physiologischer Hinsicht bedeuten.

Licht, strahlende Wärme, Wärmeleitung. Der Grundgedanke unserer Wärmetheorie ist der Satz, dass an einem Ort dann Wärme vorhanden ist, wenn sich daselbst Dynamiden befinden, deren Aether radiale Schwingungen macht.

Unter dieser Voraussetzung müssen wir vor allem Anderen sagen, dass die Bewegungen in den beiden Wellen mit Longitudinal- und Transversalschwingungen nicht Wärme sind, wohl aber müssen wir zugeben, dass diese Wellenbewegungen Wärme erzeugen können, wenn sie durch ein Dynamidensystem laufen und in den Dynamiden Radialschwingungen hervorrufen.

Diese Wellenbewegungen an und für sich sind eben so wenig Wärme, als ein Hammerschlag, der einen Körper erwärmt, d. h. in demselben Radialschwingungen erregt. Also diese Wellen können

wohl Wärme erregen, sind aber selbst nicht Wärme. Als Wärmeerzeugungsmittel kann aber die Welle mit Longitudinalschwingungen eben so gute Dienste leisten, als die Welle mit Transversalschwingungen. Da im freien Aether Radialschwingungen nicht vorkommen, so ist derselbe nicht warm. Weil aber in einem Doppelmedium durch die Wellen Radialschwingungen in den Dynamiden hervorgerufen werden, so wird ein solches Medium durch den Durchgang von Wellen erwärmt, und weil jede Radialschwingung einer Dynamide eine ähnliche Schwingung in der benachbarten hervorruft, so pflanzt sich diese Wärme fort, und dies ist es, was man die Leitung der Wärme zu nennen pflegt. Wärmeleitung ist also nichts anderes, als die successive Uebertragung von lebendiger Kraft von Dynamide zu Dynamide durch Radialschwingungen des Aethers. Diese Uebertragung geschieht leicht bei festen Körpern, schwer bei Gasen.

Die physikalische und physiologische Bedeutung der Welle mit Transversalschwingungen ist längst erkannt. Es beruhen hierauf die Lichterscheinungen und lassen sich hieraus mit einer Schärfe und Vollständigkeit erklären, die wenig zu wünschen übrig lässt. Nur wenige Lichterscheinungen gibt es, die man bis jetzt aus Transversalschwingungen noch nicht zu erklären im Stande war.

Die Existenz der Welle mit Longitudinalschwingungen ist bis jetzt von den Physikern gänzlich ignorirt worden, obgleich ihr Vorhandensein eben so nothwendig ist, als das der lichtgebenden Welle. Ich stelle nun die Ansicht auf, dass diese Welle mit Longitudinalschwingungen die Erscheinung der strahlenden Wärme hervorbringt, aber selbst nicht Wärme ist, sondern nur Wärme erregen kann, wenn sie durch ein Doppelmedium geht und den Aether desselben in radiale Schwingungen versetzt. Diese Ansicht, dass die Welle mit Longitudinalschwingungen „strahlende Wärme“ sei, scheint zwar mit der bei den Physikern sehr verbreiteten Ansicht über die strahlende Wärme im Widerspruch zu sein. Die Physiker behaupten oder sprechen es als eine Wahrscheinlichkeit aus, dass die strahlende Wärme, ähnlich wie das Licht, auf Transversalschwingungen beruhe, nur sei die Wärmewelle langsamer und länger als die Lichtwelle. Allein, wenn man die Methoden betrachtet, durch welche die Physiker die strahlende Wärme untersuchen, so erkennt man, dass dabei ein Fehlschluss im Spiele ist. Um die strahlende Wärme zu prüfen, muss man zunächst nachweisen, dass sie erwärmend wirke, also auf das Thermometer wirke, gewöhnlich lässt man aber die Wärmestrahlen vermittelst des Meloni'schen Apparates auf eine sogenannte Thermosäule einwirken, erregt also einen elek-

trischen Strom, und schliesst aus dem Vorhandensein desselben, auf das Vorhandensein von Wärme, ein Schluss, der schon sehr gewagt ist, weil ja elektrische Ströme durch sehr verschiedene Anregungsmittel hervorgerufen werden. Um ferner die Schwingungsweise des Aethers in den Wärmestrahlen zu untersuchen, werden Polarisations- oder Interferenzversuche, d. h. solche Versuche an- gestellt, durch welche das Vorhandensein von Transversalschwin- gungen erkannt werden kann; dabei findet man in der That Polarisations- und Interferenzerscheinungen und schliesst daraus, dass die Wärmestrahlen auf Transversalschwingungen beruhen. Allein das ist ein offener Fehlschluss, weil durch derlei Versuche nur allein die Existenz von Transversalschwingungen, nicht aber die Existenz von Longitudinalschwingungen erkannt werden kann. Der Schluss wäre nur dann richtig, wenn nachgewiesen würde, dass nur allein Transversalschwingungen und keine Longitudinal- schwingungen vorhanden sind.

Nach unserer Ansicht kann Wärme, d. h. können Radialschwin- gungen in den Dynamiden sowohl durch die transversalen Lichtschwin- gungen, als auch durch die jederzeit neben den Transversalschwin- gungen noch nothwendig vorhandenen Longitudinalschwingungen hervorgerufen werden.

Uebergang der Wellen aus einem Medium in ein anderes. Wenn eine Welle an der Grenze zweier sich berührenden Medien an- kommt, entstehen verschiedene dynamische Vorgänge, die von der Konstitution des zweiten Mediums und von der Beschaffenheit seiner Oberfläche abhängen. Ist die Oberfläche des Körpers ganz glatt und das Innere regelmässig oder amorph krystallisirt, so werden die anschlagenden Transversal- oder Longitudinalwellen theils reflektirt, theils durchgelassen. Die Reflektion erfolgt für Trans- versalwellen wie für Longitudinalwellen nach dem Gesetz, dass der Re- flektionswinkel gleich ist dem Einfallswinkel, allein die Schwingungs- intensität ist im reflektirenden Strahl schwächer, als sie im einfal- lenden Strahl ist. Die dynamischen Zustände, welche durch eine an- schlagende Welle im Innern des Körpers angeregt werden, können von dreierlei Art sein. Es gibt Substanzen, die nur Transversal- schwingungen (Lichtwellen) durchlassen, Longitudinalschwingungen aber nicht (Wärmestrahlen also nicht). Es gibt andere Substanzen, die nur Longitudinalschwingungen (Wärmestrahlen) durchlassen, Transversalschwingungen aber nicht (undurchsichtige). Es gibt ferner Substanzen, welche Longitudinal- wie Transversalschwin- gungen durchlassen. Endlich gibt es Substanzen, die weder die

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

Herrscht im Innern des Körpers keine regelmässige Gruppierung 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 Rauheiten 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 konzentriert 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 konstruieren.

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 $\frac{4}{3} (6678000 - 60000)^3 \cdot 3.14^{\text{Kbm}}$. Das spezifische Gewicht der geschmolzenen Erdarten ist circa 2500^{Kls} per 1^{Kbm}. Die spezifische Wärme 0.2 (gebrannter Thon). Die Wärme des Erdinnern ist demnach

$$\frac{4}{3} (6678000 - 60000)^3 \cdot 3.14 \times 2500 \times 0.2 \times 2000$$

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

$$4 \times 6678000^2 \times 3.14 \times x \times 1800 \times 7000$$

die gesammte Heizkraft der Schicht, demnach

$$x = \frac{\frac{4}{3} (6678000 - 60000)^3 \cdot 3.14 \times 2500 \times 0.2 \times 2000}{4 \times 6678000^2 \times 3.14 \times 1800 \times 7000} = 200000^m$$

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 Wärmeverrath 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^{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^{Kl}) von solchem Wasser enthält demnach nicht mehr als $30 \times 60 = 1800$ Wärmeeinheiten, ist also äquivalent mit $\frac{1800}{7000} = 0.26^{\text{Kl}}$ 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^{Kl} 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^m um 1 Grad zu. In einer Tiefe von 60000^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, dass alle Planeten einstens, gleich wie es bei der Erde beinahe nachgewiesen ist, in feurig-flüssigem Zustande waren, und durch allmähliche 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 Son-

nenmasse 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 Welt-raum 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 Gesamtwirkung 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 Vor-

ganges 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 be-

stehen; 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, λ 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:

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

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 vielmal 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 Massentheilen 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 , multiplizieren 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:

$$W = \frac{1}{2} \sum \left[m \lambda \left(s \frac{m_1}{r_1} \right) \right] \dots \dots \dots (1)$$

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

Nennen wir:

ρ und ρ_1 die Entfernungen der Atome m und m_1 in der geballten Masse vom Mittelpunkt derselben;

θ den Winkel, welchen die Radien ρ und ρ_1 gegen einander bilden; so ist:

$$r_1^2 = \rho^2 + \rho_1^2 - 2 \rho \rho_1 \cos \theta \dots \dots \dots (2)$$

Legen wir durch den Radius ρ irgend eine fixe Ebene und bezeichnen durch ω den Neigungswinkel derselben mit der Ebene des Dreiecks, das durch die drei Linien $\rho \rho_1 r_1$ gebildet wird, und

betrachten m_1 als diejenige Masse, welche in dem Raum eingeschlossen ist, der durch die drei unendlich kleinen Dimensionen $\rho_1 d\Theta$, $d\rho_1$, $\sin\Theta d\omega$ bestimmt wird, so können wir schreiben:

$$m_1 = \mu \rho_1 d\Theta d\rho_1 \sin\Theta d\omega$$

$$m_1 = \mu \rho_1^2 \sin\Theta d\rho_1 d\Theta d\omega \dots \dots \dots (3)$$

wobei μ die Masse bedeutet, welche die Volumeneinheit der geballten Masse enthält.

Wir können daher schreiben:

$$S \frac{m_1}{r_1} = \mu \iiint \frac{\rho_1^2 \sin\Theta d\rho_1 d\Theta d\omega}{\sqrt{\rho^2 + \rho_1^2 - 2\rho\rho_1 \cos\Theta}} \dots \dots \dots (4)$$

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

$$\begin{array}{l} \text{für } \rho_1 \text{ von } 0 \text{ bis } R \\ \text{ " } \omega \text{ " } 0 \text{ " } 2\pi \\ \text{ " } \Theta \text{ " } 0 \text{ " } \pi \end{array}$$

wobei R den Halbmesser des Balles bezeichnet.

Die Integration in Bezug auf ω gibt:

$$S \frac{m_1}{r_1} = \pi \mu \iint \frac{\rho_1^2 \sin\Theta d\rho_1 d\Theta}{\sqrt{\rho^2 + \rho_1^2 - 2\rho\rho_1 \cos\Theta}}$$

Nun ist:

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

dennach:

$$S \frac{m_1}{r_1} = \pi \mu \int \rho_1^2 d\rho_1 \left(\int \frac{-d(\cos\Theta)}{\sqrt{\rho^2 + \rho_1^2 - 2\rho\rho_1 \cos\Theta}} \right)$$

Allgemein ist:

$$\int \frac{-d(\cos\Theta)}{\sqrt{\rho^2 + \rho_1^2 - 2\rho\rho_1 \cos\Theta}} = \frac{2}{2\rho\rho_1 \sqrt{\rho^2 + \rho_1^2 - 2\rho\rho_1 \cos\Theta}}$$

dennach:

$$\int_0^\pi \frac{-d(\cos\Theta)}{\sqrt{\rho^2 + \rho_1^2 - 2\rho\rho_1 \cos\Theta}} = \frac{1}{\rho\rho_1} \left[(\rho + \rho_1) - (\rho - \rho_1) \right] = \frac{2}{\rho}$$

und folglich erhalten wir:

$$S \frac{m_1}{r_1} = 2\pi\mu \int_0^R \frac{2\rho_1^2 d\rho_1}{\rho} = \frac{4\pi\mu R^3}{\rho}$$

Diesen Werth in (1) eingeführt, erhält man:

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

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

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

Wir erhalten demnach:

$$W = \frac{2}{3} \pi \lambda \mu R^3 \cdot 2 \pi \mu R^2 = \frac{4}{3} \pi^2 \mu^2 \lambda R^5 \dots (6)$$

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

$$\frac{4}{3} R^3 \pi \mu \mathcal{G} u_0 k$$

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

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

Demnach:

$$u_0 = \frac{\pi \lambda \mu R^2}{k \mathcal{G}} \dots (7)$$

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 \mathcal{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 2 R	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 $g = 9.808^m$ 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 λ in (7) ein, so findet man:

$$u_0 = \frac{6}{4} \frac{g}{\mathcal{G}k} \cdot R \dots \dots \dots (8)$$

\mathcal{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 $g = 9.808^m$ beträgt, $2 \times 9.808 = 20^{kl}$ (nahe) wiegt. \mathcal{G} ist mithin die Anzahl der Wärmeeinheiten, die erforderlich sind, um 20^{kl} Erdmasse eine Temperaturerhöhung von einem Grad zu ertheilen. Nimmt man an, dass die Erdmasse grösstentheils aus geschmolzener Erde be-

steht, so kann man die Wärmekapazität von 1^{Kilg} Gewicht $= 0.2$ (Wasser $= 1$) annehmen, und dann ist $\mathcal{G} = 20 \times 0.2 = 4$.

Setzt man in (8) $R = 6366200$, $\mathcal{G} = 4$, $g = 9.808$, $k = 424$, so findet man:

$$u_0 = \frac{6 \times 9.808 \times 6366200}{4 \times 4 \times 424} = 55200 \text{ Grad}$$

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.

Vermittelt 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 ρ erscheint. Das Summenzeichen bezieht sich auf ρ , und die sämtlichen Werthe von ρ , 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 Wärmeleitungscoefficienten des Materials, aus welchem die Kugel besteht;

b den Wärmeausstrahlungscoefficienten;

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:

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

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

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

folglich wegen (9):

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

Bezeichnen wir die Temperatur im Mittelpunkt mit $\left(\frac{u}{r=0} \right)$,

an der Oberfläche mit $\left(\frac{u}{r=R} \right)$, so folgt aus (1):

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

$$\left(\frac{u}{r=R} \right) = \frac{2 u_0}{bR} e^{-\frac{a^2 \pi^2}{R^2} t} \dots \quad (12)$$

Allein wir haben früher gefunden (Gleichung 7):

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

daher wird:

$$\left(\frac{u}{r=0} \right) = \frac{2 \pi \lambda \mu}{k \mathcal{G}} R^2 e^{-\frac{a^2 \pi^2}{R^2} t} \dots \dots (13)$$

$$\left(\frac{u}{r=R} \right) = \frac{2 \pi \lambda \mu}{k \mathcal{G} b} R e^{-\frac{a^2 \pi^2}{R^2} t} \dots \dots (14)$$

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 vielmal grösser sind als bei den kleinen Körpern.

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

$$\left(\frac{u}{r=0} \right) = 2 u_0 \left(1 - \frac{1}{bR} \right) e^{-\frac{a^2 \pi^2}{R^2} t} \dots \dots (15)$$

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

$$u = \left(\frac{u}{r=0} \right) \frac{\frac{1}{\pi} \frac{R}{r} \sin \pi \frac{r}{R} - \frac{1}{bR} \cos \pi \frac{r}{R}}{1 - \frac{1}{bR}} \dots \dots (16)$$

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

$$u = \left(\frac{u}{r=0} \right) \frac{\sin \pi \frac{r}{R}}{\pi \frac{r}{R}} \dots \dots (17)$$

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:

$$\frac{du}{dr} = \left(\frac{u}{r=0} \right) \left[\cos \pi \frac{r}{R} - \frac{\sin \pi \frac{r}{R}}{\pi \frac{r}{R}} \right] \dots \dots (18)$$

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

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

$$\left(\frac{du}{dr}\right)_{r=0} = 0 \quad \dots \quad (19)$$

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

$$\left(\frac{du}{dr}\right)_{r=R} = -\frac{\left(\frac{u}{r=0}\right)}{R} \quad \dots \quad (20)$$

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 Wärmeinheit ein mechanisches Aequivalent von 424^{Kilgm} 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 Wärmeercheinungen 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 Wärmeercheinungen 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 Processes sind sie demnach aus grossen Entfernungen in ungewein 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_1, q_2 , die Wärmekapazitäten der Gase c_1 und c_2 , die Anzahl der Moleküle der Verbindung J , die Gewichte der Stoffmengen, welche in Verbindung getreten sind, Q und Q_1 , oder es ist $Q = J q_1$, $Q_1 = J q_2$. Die Entfernung zweier Atome, die zu einem Molekül zusammentreten r_0 vor, r , 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 $q_1 q_2 f(r)$ 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

$$\int_{r_0}^r q_1 q_2 f(r) dr$$

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

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

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

Die in Wärmeeinheiten ausgedrückte Arbeit des chemischen Prozesses ist demnach

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

Sind nun t und t_1 die Temperaturen der Gase vor ihrer Vereinigung, T die Temperatur des Verbindungsgases, so ist $J(q_1 c_1 t + q_2 c_2 t_1)$ die in den Gasen vor ihrer Vereinigung enthaltene lebendige Kraft und $J(q_1 c_1 + q_2 c_2)$ die lebendige Kraft des in der Verbindung enthaltenen Aethers demnach $J T (q_1 c_1 + q_2 c_2) - J(q_1 c_1 t + q_2 c_2 t_1)$ gleich der Aenderung der lebendigen Kraft, aber ausgedrückt in Wärmeeinheiten. Nach dem Prinzip der Thätigkeit ist daher zu setzen:

$$\frac{J}{k} \int_{r_0}^{r_1} q_1 f(r) dr = J (q_1 c_1 + q_2 c_2) T - J (q_1 c_1 t + q_2 c_2 t_1)$$

und hieraus folgt:

$$T = \frac{\frac{J}{k} \int_{r_0}^{r_1} q_1 f(r) dr + J (q_1 c_1 t + q_2 c_2 t_1)}{J (q_1 c_1 + q_2 c_2)} \dots (1)$$

oder auch, weil $J q_1 = Q_1$, $J q_2 = Q_2$ ist:

$$T = \frac{\frac{Q_1}{k} \int_{r_0}^{r_1} f(r) dr + Q_1 c_1 t + Q_2 c_2 t_1}{Q_1 c_1 + Q_2 c_2} \dots (2)$$

oder:

$$T = \frac{\frac{1}{k} \int_{r_0}^{r_1} q_1 f(r) dr + c_1 t + \frac{Q_2}{Q_1} c_2 t_1}{c_1 + \frac{Q_2}{Q_1} c_2} \dots (3)$$

Nennt man allgemein:

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

Q_1, Q_2, Q_3, \dots die Stoffmengen, in Kilogrammen, welche bei dem Verbrennungsakt anwesend sind,
 c_1, c_2, c_3, \dots die Wärmekapazitäten dieser Stoffe,
 t_1, t_2, t_3, \dots die Temperaturen der Stoffe vor der Verbrennung,
 T die Temperatur der Verbrennungsgase,
 so hat man allgemein statt der Gleichung (1)

$$T = \frac{W + \sum Q c t}{\sum Q c} \dots \dots \dots (4)$$

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 Atomgruppierungen die Arbeit konsumieren, so würde die Rechnung zu modifizieren 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^{Klg} Kohle 7000 Wärmeeinheiten entwickelt werden und dass jeder Wärmeeinheit 424^{Klsm} entsprechen, dass also die Verbrennung von 1^{Klg} Steinkohlen $7000 \times 424 = 2968000^{Klsm}$ 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, \dots , deren Wärmekapazitäten c_1, c_2, c_3, \dots 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, $Q_1 c_1 + Q_2 c_2 + Q_3 c_3 + \dots$, dagegen die Aethermenge des durch die Verbindung entstandenen Stoffes $(Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots) c$. 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)

$$Q = 8 \quad Q_1 = 1 \quad C = 0.4750$$

$$c = 0.2182 \quad c_1 = 3.4046$$

$$\text{demnach:} \quad \text{Differenz}$$

$$Qc + Q_1c_1 = 5.1502, \quad (Q + Q_1)C = 4.2750 \quad \dots \quad + 0.8752$$

Für Kohlenoxydgas ist:

$$Q = 6 \quad Q_1 = 8 \quad C = 0.2479$$

$$c = 0.2411 \quad c_1 = 0.2182$$

demnach:

$$Qc + Q_1c_1 = 3.1922, \quad (Q + Q_1)C = 3.4706 \quad \dots \quad - 6.2784$$

Für Kohlensäurebildung ist:

$$Q = 6 \quad Q_1 = 16 \quad C = 0.2164$$

$$c = 0.2411 \quad c_1 = 0.2182$$

demnach:

$$Qc + Q_1c_1 = 4.9378, \quad (Q + Q_1)C = 4.7708 \quad \dots \quad + 0.1670$$

Für schwefeligsäures Gas ist:

$$Q = 16 \quad Q_1 = 16 \quad C = 0.1262$$

$$c = 0.2026 \quad c_1 = 0.2182$$

demnach:

$$Qc + Q_1c_1 = 6.7328, \quad (Q + Q_1)C = 4.0385 \quad \dots \quad + 1.7544$$

Für Schwefelhydrogen ist:

$$Q = 1 \quad Q_1 = 16 \quad C = 0.2376$$

$$c = 3.4046 \quad c_1 = 0.2026$$

demnach:

$$Qc + Q_1c_1 = 6.6462, \quad (Q + Q_1)C = 4.0592 \quad \dots \quad + 2.5070$$

Für salzsauerer Gas ist:

$$Q = 35.4 \quad Q_1 = 1 \quad C = 0.2219$$

$$c = 0.1141 \quad c_1 = 3.4046$$

demnach:

$$Qc + Q_1c_1 = 7.444, \quad (Q + Q_1)C = 8.0772 \quad \dots \quad - 0.6332$$

Für Stickoxydulgas ist:

$$Q = 14 \quad Q_1 = 8 \quad C = 0.2240$$

$$c = 0.2440 \quad c_1 = 0.2182$$

demnach:

$$Qc + Q_1c_1 = 5.1616, \quad (Q + Q_1)C = 4.9280 \quad \dots \quad + 0.2336$$

Für Stickoxydgas ist:

$$Q = 14 \quad Q_1 = 16 \quad C = 0.2692$$

$$c = 0.2440 \quad c_1 = 0.2182$$

demnach:

$$Qc + Q_1c_1 = 6.9172, \quad (Q + Q_1)C = 8.0760 \quad \dots \quad - 1.1588$$

Für Ammoniakgas ist:

$$Q = 14 \quad Q_1 = 3 \quad C = 0.4751$$

$$c = 0.2440 \quad c_1 = 3.4046$$

demnach:

$$Q c + Q_1 c_1 = 13.6298 \quad (Q + Q_1) C = 8.0767 \quad \dots \dots \dots + 5.5531 \quad \text{Differenz}$$

Für Cyangas ist:

$$Q = 12 \quad Q_1 = 14 \quad C = 0.1553$$

$$c = 0.1070 \quad c_1 = 0.2440$$

demnach:

$$Q c + Q_1 c_1 = 4.7000, \quad (Q + Q_1) C = 5.5908 \quad \dots \dots \dots - 0.8908$$

Hieraus geht hervor, dass manche Gasbildungen mit Aether-
ausscheidung, andere mit Aetheraufnahme erfolgen. Die Wasser-
bildung geschieht mit Aetherausscheidung.