©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

# Einiges

über

# unsere heutigen Anschauungen

von den

# Erscheinungsformen der Energie.

Von

**Dr. Josef Tuma.**

---

Vortrag, gehalten den 5. Februar 1896.

*(Mit Demonstrationen.)*

Mit 7 Abbildungen im Texte.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Schon der Titel meines heutigen Vortrages klärt Sie darüber auf, dass es nicht meine Absicht ist, ein eng begrenztes Gebiet der Physik zu besprechen, sondern ein so umfangreiches, dass ich in der kurzen Spanne Zeit, welche mir zur Verfügung steht, überhaupt nur einiges davon vorbringen kann. Das Thema umfasst das ganze Gebiet der Physik und Chemie. Bis auf den Grund kann da nur jener schauen, der durch jahrelanges Studium sich mit den Grundwahrheiten dieser Wissenschaften vertraut gemacht hat, und der von Natur aus die Fähigkeit streng logischen Denkens besitzt. Ich kann mir vorstellen, dass Sie, hochgeehrte Anwesende, diese Worte nicht sehr ermuthigend finden dürften. Doch soll es so schlimm nicht werden, und wenn ich auch genöthigt sein werde, Ihre Aufmerksamkeit in hohem Grade anzustrengen, so hoffe ich doch, Sie glücklich durch die Engpässe, welche sonst nur mit Anwendung höherer Theorie überschreitbar sind, hindurchzuführen.

Sie wissen, dass wir die Physik nach den verschiedenen physikalischen Naturerscheinungen heute noch in mehrere Gruppen theilen. Wir sprechen von

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



der Mechanik als der Lehre von den Kräften, welche auf Körper ausgeübt werden, und der Vorgänge, welche jene hervorrufen. Wir nennen Akustik die Lehre vom Schalle, Optik die Lehre vom Lichte; wir unterscheiden weiters die Lehre vom Magnetismus und der Elektricität. Dem Laien erscheinen diese Zweige der Physik als von einander unabhängig. Doch sind sie es nicht, sondern es gibt ein Band, welches die in die genannten Gebiete gehörigen Erscheinungen enge verknüpft, und dieses ist die Energie. Mit ihr soll sich mein heutiger Vortrag befassen, und im Speciellen sei es meine Aufgabe, Ihnen den besprochenen Zusammenhang klarzulegen.

Betrachten wir zwei Körper aus gleichem Materiale, sowie von gleicher Größe und Gestalt, so können sich dieselben dadurch unterscheiden, dass der eine auf einem höheren Punkte liegt als der andere, dass sich der eine bewegt, während der andere ruht, dass der eine warm, der andere kalt ist, dass der eine glüht und Licht aussendet, während der andere dunkel ist u. s. w. Zunächst wollen wir uns nur mit dem Falle beschäftigen, dass der eine Körper höher liege als der andere, oder dass der erste in Bewegung begriffen sei und der zweite ruhe. Es seien dies z. B. zwei ganz gleich beschaffene Steine, von denen der eine am Boden liegt, während der andere infolge eines stattgefundenen Wurfes in Bewegung ist. Es ist wohl unmittelbar einzusehen, dass der zweite noch etwas thun kann, der erste aber nicht. Wenn nämlich der

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



geworfene Stein einen Gegenstand trifft, so wird er z. B. eine Formveränderung hervorrufen oder erleiden, kurz er wird etwas thun, wozu eine Kraftäußerung nothwendig ist. Man sagt dann, er leistet eine Arbeit. Wir sehen daraus, dass einem bewegten Körper eine Arbeitsfähigkeit zukommt. Diese ist gänzlich verbraucht, sobald er seine Bewegung vollständig eingebüßt hat und ruhig am Boden liegt. Ebenso hat auch ein an einem höheren Orte liegender Körper etwas vor einem tiefer liegenden voraus, denn wenn man dem ersteren seine Unterlage entzieht, kommt er in Bewegung, indem er herabfällt, und hat infolge dessen, sobald er bei dem bereits unten liegenden ankommt, eine Arbeitsfähigkeit, welche letzterem abgeht. Wir müssen ihm also schon in seiner höheren Lage eine solche zusprechen, welche sich jedoch erst bethätigen kann, wenn der Körper bei gleichzeitiger Erniedrigung seiner Lage eine Bewegung erhält. Die beiden besprochenen Arbeitsfähigkeiten nennt man Energie und unterscheidet die Arbeitsfähigkeit infolge der Bewegung (kinetische Energie) von der Arbeitsfähigkeit infolge der Lage (potentielle Energie), welch letztere sich erst in kinetische Energie umsetzen muss, um sich in wirkliche Arbeit zu verwandeln.

Fassen wir noch einen einfachen concreten Fall ins Auge. Ich habe hier eine schwere Kugel an einem Faden aufgehängt. Eine solche Vorrichtung nennt man ein Pendel. So lange die Kugel sich ruhig im

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



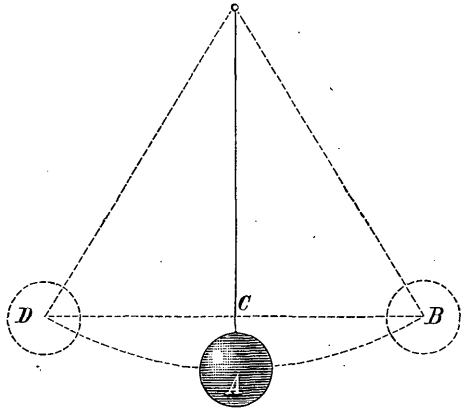


Fig. 1.

Punkte $A$ (Fig. 1) befindet, kann sie, wenn nicht etwa der Faden reißt, an dem sie aufgehängt ist, und ihr das Herabfallen ermöglicht, keinerlei Arbeit verrichten. Nun bringe ich die Kugel bei fortwährend gespanntem Faden nach $B$, wobei sie den Bogen $AB$ beschreibt und um die Strecke $AC$ gehoben wird. Deshalb, weil ich bei Ausführung der Verschiebung der schweren Kugel von $A$ nach $B$ gleichzeitig eine Hebung derselben um $AC$ vornehmen muss, leiste ich dabei eine Arbeit. Überlasse ich in $B$ die Kugel sich selbst, so bewegt sie sich in bekannter Weise nach $A$ zurück, erst langsam, dann immer schneller und erreicht in $A$, dem tiefsten Punkte ihrer Bahn, die größte Geschwindigkeit. Es hat sich die ganze potentielle Energie, welche ich dem Pendel zuerst

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



durch die Hebung des Gewichtes ertheilt habe und wobei ich eine Arbeit leisten musste, in kinetische Energie verwandelt. Die Bewegung kann dem Pendel nunmehr nur unter gleichzeitiger Umsetzung dieser kinetischen Energie in Arbeit genommen werden. Hindere ich das Pendel in seiner Bewegung nicht, so vollzieht sich diese Umsetzung von selbst, indem sich die Kugel über *A* hinaus gegen *D* zu bewegt, wobei dieselbe in der That eine Arbeit leistet, indem sie ihr eigenes Gewicht immer höher hinaufheben muss und ihre Bewegung verlangsamt. Ist sie in *D* angelangt, so hat sie sich selbst auf dieselbe Höhe gehoben, wie jene in *B* war. Sie kommt dort zur Ruhe und hat somit ihre ganze kinetische Energie, welche sie in *A* erlangte, in Arbeit umgesetzt, die nun wieder als potentielle Energie zur Erscheinung kommt. Würden wir genaue messende Beobachtungen anstellen, so würde sich zeigen, dass bei einem schwingenden Pendel in jedem Momente die Summe aus der gerade vorhandenen potentiellen und kinetischen Energie eine constante Größe ist. Dabei ist natürlich der ideale Fall vorausgesetzt, dass während der Bewegung kein Energieverlust durch den Luftwiderstand und die Steifigkeit des Aufhängefadens eintritt.

Wenden wir nun unsere Aufmerksamkeit einem complicierteren Systeme zu. Ich habe hier (Fig. 2) ein System von zwei gleichlangen Pendeln *I* und *II* welche an einem Stabe *MN* aufgehängt sind, der seinerseits wieder mittels zweier Fäden an einem Arme

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



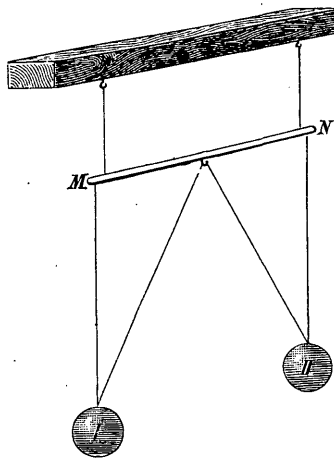


Fig. 2.

eines Stativs hängt. Ich bringe jetzt das Pendel *I*, welches roth gefärbt ist, aus seiner Ruhelage und lasse es schwingen. Indem der Stab *MN* in leises Mitschwingen geräth, wird auch das grüne Pendel *II* zu Schwingungen veranlasst. Es zeigt sich aber bald, dass die Schwingungen des Pendels *I* allmählich verlöschen, während jene des Pendels *II* immer größer werden, bis endlich ersteres ganz stille steht und das zweite so kräftige Bewegungen macht, wie jene waren, die wir ursprünglich dem Pendel *I* ertheilten. Hierauf kehrt sich die Erscheinung um: Pendel *II* hört wieder auf und Pendel *I* beginnt zu schwingen. Da wir bereits wissen, dass ein in Schwingungen befind-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



liches Pendel Träger von Energie ist, sehen wir in diesem Falle ein Beispiel für die Übertragbarkeit derselben. Zuerst hatte nur das Pendel *I* Energie und gab dieselbe an *II* ab. Letzteres zeigte im Maximum soviel Energie, als *I* hatte, bevor es solche verausgabte, und gab sie dann wieder an *I* zurück.

Betrachten wir nun einige Beispiele aus der Akustik. Eine gespannte Saite, welche ich aus ihrer Ruhelage ziehe, besitzt potentielle Energie. Sobald ich sie loslasse, schwingt jeder ihrer Punkte ganz ebenso wie ein Pendel. Auch hier wechselt fortwährend potentielle mit kinetischer Energie. Vergleichen wir zwei ganz gleich gespannte Saiten, die auch sonst in jeder Hinsicht übereinstimmen, außer darin, dass die eine auf einem schweren metallenen Stativ, die andere aber auf einem Resonanzkasten ausgespannt ist, so werden wir zunächst beobachten, dass die erstere nahezu keinen hörbaren Ton von sich gibt, während die zweite sehr gut hörbar ist. Andererseits zeigt sich, dass, nachdem die tönende Saite bereits aufgehört hat zu schwingen, die nichttönende noch in lebhafter Bewegung begriffen ist. Man überzeugt sich davon, wenn man letztere leicht mit dem Finger berührt oder eine leichte, an einem Faden aufgehängte Glaskugel an sie heranbringt, worauf die Kugel sofort von der schwingenden Saite weggeschleudert wird.

Wie bekannt, gelangt der Ton der Saite dadurch an unser Ohr, dass diese die Luft in schwingende Bewegung setzt. Die auf dem Resonanzkasten ausge-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



spannte Saite ist imstande, das Holz und dieses wieder die Luft in Bewegung zu setzen. Daher hören wir den Ton, welchen diese Saite gibt. Da aber dazu die anfangs der Saite mitgetheilte Energie verbraucht wird, hört sie bald zu schwingen auf. Anders ist es bei der auf der schweren Metallmasse aufgespannten Saite. Sie ist nicht imstande, das starre Metall in Schwingungen zu versetzen, sie kann wegen ihrer geringen Dicke auch nur wenig Luft in Bewegung bringen. Ihre Schwingungen sind daher unhörbar, dauern aber lange an, indem nur sehr wenig Energie an die Umgebung abgegeben wird. Wir sehen somit, dass der Schall nichts anderes ist als eine Erscheinungsform der der Luft durch einen schwingenden Körper mitgetheilten Energie. Dass dem wirklich so ist, erkennt man außerdem leicht aus der Art und Weise, wie uns die Tonempfindung vermittelt wird. Dies geschieht bekanntermaßen in der Weise, dass die an das unseren Gehörgang abschließende Trommelfell anprallenden Lufttheilchen letzteres in Schwingungen versetzen. Dies ist eine Arbeitsleistung der den Ton übermittelnden Luft und setzt das Vorhandensein einer Energie voraus. Man kann Rädchen construieren, welche durch den Schall in Rotation gebracht werden, und kann damit die Arbeitsfähigkeit der Schall enthaltenden Luft nachweisen. Ich will mir erlauben, Ihnen, geehrte Anwesende, zwei Versuche zu demonstrieren, welche auch geeignet sind, einen Nachweis dafür zu liefern.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



Ich habe hier eine spitze Gasflamme *G* (Fig. 3), die sich im Innern eines über den Brenner geschobenen, unten mittels eines Pfropfens verschlossenen Messingrohres *R* befindet. Infolge des mangelhaften Luftzutrittes hat sich die Flamme über ihr normales Maß verlängert, sodass ihre Spitze über dem Rohre sichtbar ist. Wenn ich nun durch Schnalzen mit den Fingern, durch leises Pfeifen oder durch Zuklappen eines Buches u. s. w. einen Schall errege, versteckt sich die Flamme, wie Sie sehen, sofort in das Rohr und kommt erst wieder zum Vorschein, sobald sie glaubt, keinen sie störenden Laut befürchten zu müssen. Wie empfindlich diese Flamme ist, soll sich jetzt zeigen, indem ich einen Herrn in der letzten Reihe bitte, leise in die Hände zu klatschen. Wie Sie sehen, sofort versteckt sich die Flamme. Jetzt ist sie gar ganz ausgelöscht, der Herr hat des Guten zu viel gethan.

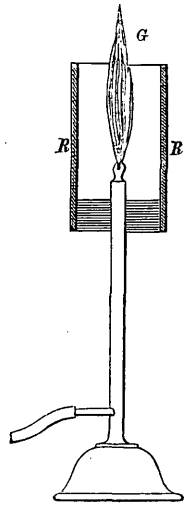

Fig. 3.

Ein anderes Beispiel bietet dieser Wasserstrahl (Fig. 4), welcher aus einer engen Spitze ausfließt. Damit derselbe dem ganzen Auditorium sichtbar werde, will ich von ihm mit Hilfe einer elektrischen Lampe auf einen weißen Schirm ein Bild entwerfen. Es ist nun zu erkennen, dass sich das Wasser wenige Centi-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



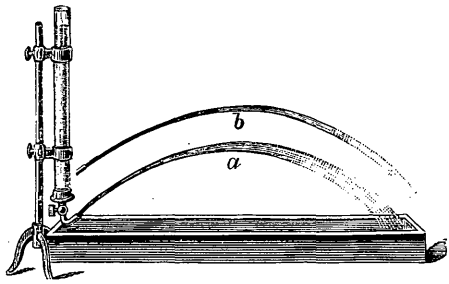


Fig. 4

meter von der Ausflussöffnung in Tropfen auflöst. Nun will ich diese Pfeife anblasen, deren Tonhöhe ich mittels eines in ihr verschiebbaren Stempels beliebig ändern kann. Ich habe jetzt eine Tonhöhe gefunden, welche den Wasserstrahl nicht mehr gleichgiltig lässt. Er zertheilt sich nicht mehr in einzelne Tropfen, sondern bleibt der ganzen Länge nach geschlossen. Sobald ich aufhöre, den Ton mit meiner Pfeife hervorzurufen, nimmt auch der Wasserstrahl wieder seine frühere Form an.

Man sieht aus diesen zwei Experimenten, dass die Luft, welche durch einen Ton in schwingender Bewegung ist, wirklich eine mechanische Arbeit leisten kann, indem sie den Zustand eines anderen Systems von Körpern, wie in unserem Falle die Gasflamme oder den Wasserstrahl, beeinflusst.

Es sei mir gestattet, hier einige Worte über die geschichtliche Entwicklung des Energiebegriffes ein-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



zufügen. Der Name Energie als Bezeichnung der Arbeitsfähigkeit, die einem Körper je nach seiner Lage oder Bewegung innewohnt, wurde bereits 1807 von Th. Young eingeführt, aber bloß im rein mechanischen Sinne gebraucht. Später zeigte sich, dass dieser Begriff wegen seiner Bedeutung in den übrigen Abschnitten der Physik einer Verallgemeinerung bedürfe, und wurde dieselbe 1853 von Rankine geliefert. Es zeigte sich nämlich, dass nicht alle mechanische Arbeitsfähigkeit, welche man einem Körper oder einem Systeme solcher ertheilt, sich wirklich vollständig in mechanische Arbeit umsetzen kann. So z. B. constatierte Rumford 1798, dass die beim Bohren von Kanonen an der Bohrmaschine aufgewendete Arbeit nicht bloß dazu verwendet wurde, die Metallspäne abzutrennen, sondern dass auch noch eine andere Erscheinung, nämlich eine heftige Wärmeentwicklung eintrat. Hirn untersuchte quantitativ die Wärmeentwicklung beim Stoße, Jaule bei der inneren Reibung bewegter Quecksilbermassen und Julius Robert Mayer bei der Compression der Gase. Durch die classischen Untersuchungen der genannten Forscher wurde die mechanische Wärmetheorie begründet. Einen eigentlichen Abschluss erhielten diese Forschungen durch die berühmten Untersuchungen von Helmholtz.

Man kann also durch Aufwand von Arbeit Wärme erzeugen, ja man kann sogar alle Arbeit in Wärme verwandeln. Daraus folgt, dass ein warmer Körper

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



Träger von Energie ist. Betrachten wir nun verschiedene Körper hinsichtlich ihres Wärmeinhaltes, so finden wir, dass wohl einer kälter ist als der andere, aber einen absolut kalten Körper können wir nicht finden. Es wohnt demnach einem jeden Körper Wärmeenergie inne, und es ist die nächste Frage, ob wir uns diese als etwas ganz anderes als die mechanische Energie oder bloß als eine andere Erscheinungsform zu denken haben.

Wir haben früher gesehen, dass die Luft, sobald sie durch einen Schall in Schwingungen geräth, Träger von Energie ist, d. h. sie kann eine Arbeit verrichten. Wie sich zeigt, geschieht das in der Weise, dass noch nicht schwingende Körper in Schwingungen versetzt werden. Da die Luft in diesem Falle eine Arbeit leistet, vermindert sich gleichzeitig ihre Energie. Wenn wir einen warmen und einen kälteren Körper zusammenbringen, so geht auch Wärme vom ersteren zum letzteren über. Der warme Körper verliert demnach Energie, während der kältere solche gewinnt. Wenn wir diesen Übergang entsprechend einrichten, so können wir sogar einen Theil der Wärme als mechanische Arbeit wiedergewinnen, ähnlich wie man durch Schall Arbeit leisten lassen kann. Man kann also auch Wärme in Arbeit verwandeln, jedoch niemals die ganze Wärmemenge, indem immer noch ein Theil als solche verbleibt. Ein Mittel zur Umwandlung von Wärme in Arbeit ist die Dampfmaschine. Die brennenden Kohlen sind der warme Körper, welcher seine Wärme an

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



das Wasser im Kessel abgibt und dieses in Dampf verwandelt. Dieser dehnt sich aus, indem er den Kolben im Cylinder bewegt, und leistet eine Arbeit. Er muss daher, nachdem er dies gethan hat, weniger Energie besitzen, d. h. er muss kälter sein, und in der That kann man an jeder Dampfmaschine beobachten, dass der aus dem Cylinder strömende verbrauchte Dampf kälter ist als der im Kessel befindliche. Dabei

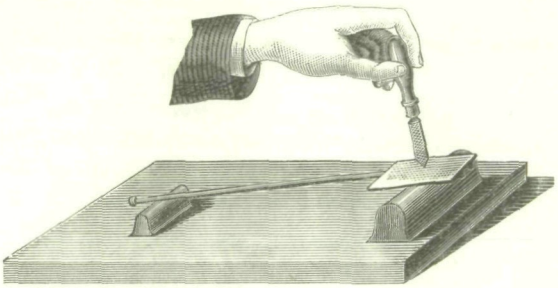

Fig. 5.

ist aber nicht zu erzielen, dass die gesammte dem Dampfe innewohnende Energie in Arbeit verwandelt wird.

Da die eingehende Besprechung der Theorie der Dampfmaschine zu weit führen würde, ich aber den verehrten Anwesenden ein Beispiel für die Umwandlung von Wärme in Arbeit vorführen möchte, will ich mich dazu eines Instrumentes bedienen, an dem der Umwandlungsprocess leichter zu beobachten ist, nämlich des Trevelyan'schen Instrumentes.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



Es ist dies (Fig. 5) eine breite Kupferplatte, welche auf einer Seite mit zwei Rillen und mit einer Handhabe versehen ist. Nachdem ich die Kupfermasse stark erhitzt habe, lege ich sie mit den Rillen nach unten auf einen Bleiklotz. Sofort hören Sie einen Ton. Derselbe hört nicht auf, wenn ich versuche, durch Druck mittels eines spitzigen Gegenstandes die Platte im Schwingen zu hindern, sondern der Ton wird sogar höher. Die Theorie dieses Versuches geht aus dieser Figur hervor (Fig. 6). An der Stelle, an welcher eine der Rillen der Kupferplatte aufliegt, erwärmt sich das Blei in beträchtlichem Maße, da in diesem Metalle sich die Wärme nur langsam ausbreiten kann. Sobald diese Erwärmung eintritt, entsteht infolge der Ausdehnung des Bleies ein kleiner Wulst auf letzterem, und zwar so plötzlich, dass das Kupfer auf dieser Seite ein wenig in die Höhe geschleudert wird. Indem dies stattfindet, tritt derselbe Process bei der zweiten Rille ein, wodurch die Platte nach der anderen Seite geworfen wird.

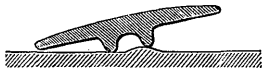

Fig. 6.

Es wird also von der Wärme, die von dem heißen Stück Kupfer zum Blei übergeht, eine Arbeit geleistet, und es ergibt sich, dass Wärme eine besondere Erscheinungsform der Energie ist.

Bisher hatten wir es mit Wärme zu thun, welche in greifbaren Körpern enthalten ist. Dieselbe tritt

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



aber auch noch in anderer Form, nämlich als strahlende Wärme auf. Sie wissen, dass wir die Vermittlung der Wärme und des Lichtes in Form von Wärme- und Lichtstrahlen einer besonderen äußerst feinen, alle Körper durchdringenden und den ganzen Weltraum ausfüllenden Substanz, dem Äther, zuschreiben. Schwingende Bewegungen dieses Äthers erscheinen uns als Wärme- oder Lichtstrahlen je nach der Geschwindigkeit dieser Schwingungen. Es verhalten sich demnach die Wärme- und Lichtstrahlen zu den Wärme und Licht aussendenden Körpern wie der Schall in der Luft zum Tonerreger. Sie sind nichts anderes als im Äther enthaltene Energie.

Wir haben bisher die Bedeutung des Begriffes der Energie in der Mechanik, der Akustik, der Wärmelehre und der Optik betrachtet und gefunden, dass derselbe diese Gebiete der Physik auf das engste mit einander verknüpft. Dabei ist noch zu bemerken, dass wir uns in der Mehrzahl der Fälle bei den der Mechanik und der Akustik angehörigen Phänomenen über die Vorgänge auf experimentellem Wege vollkommene Gewissheit verschaffen können, während wir über das innerste Wesen der Wärme- und Lichterscheinungen noch sehr im unklaren sind. Wenn wir daher annehmen, dass wir es auch da mit Bewegungen, nämlich des Äthers, zu thun haben, so meinen wir bloß, dass Wärme und Licht auch etwas ganz anderes sein kann, wofern es nur Vorgänge sind, bei denen die Energie dieselbe Rolle spielt wie bei einer Bewegung.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



Noch weniger leicht können wir uns über das Wesen der Elektricität und des Magnetismus eine klare Vorstellung machen. Da befinden wir uns zum Theile gar noch auf dem alten Standpunkte, welcher in der Wärmelehre und Optik bereits überwunden ist, dass wir unwägbare und unsichtbare Fluida annehmen, welche die magnetischen und elektrischen Wirkungen äußern. Es kann hier nicht meine Aufgabe sein, über die neueren Theorien auf diesem Gebiete zu sprechen. Hervorheben will ich nur, dass diese Unkenntnis nicht hindert, den Energiebegriff auch auf die Gebiete der Lehre von der Elektricität und dem Magnetismus zu übertragen. Sobald es nämlich möglich ist, einen Vorgang zu beobachten, bei welchem mechanische oder Wärmeenergie in elektrische oder magnetische verwandelt wird, so ist es auch schon möglich, jene Zahl zu finden, die gestattet, zu berechnen, wie viel Energie der einen Art einer gewissen Quantität der anderen Art äquivalent ist. Es gibt nun thatsächlich eine große Zahl solcher Vorgänge, von denen ich einige als Beispiele anführen will.

Es ist wohl allen von Ihnen, hochverehrte Anwesende, zur Genüge bekannt, dass ein geriebener Harz- oder Glasstab leichte Körper anzieht, dass er sie aber abstößt, sobald durch die Berührung die dem Harz-, respective Glasstabe innewohnende Eigenschaft, welche wir als den elektrischen Zustand bezeichnen, auf die leichten Körper übergegangen ist. Wenn wir Elektricität auf einen Körper bringen wollen, auf dem

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



sie sich, wie wir voraussetzen, zwar ausbreiten, ihn aber nicht mehr verlassen kann, z. B. auf eine von einem Glasfuße gehaltene Metallkugel, so werden wir zunächst einen Harz- oder Glasstab reiben und damit die Kugel berühren. Dabei ist Elektricität vom Stabe auf letztere übergegangen. Da die bei einmaligem Reiben entstandene Elektricitätsmenge zu gering ist, werden wir, um eine stärkere Ladung zu erzielen, die Manipulation wiederholen. Diesmal wird aber bereits der elektrische Stab von der gleichfalls elektrisierten Kugel abgestoßen, und wir müssen bei der Annäherung eine Kraft überwinden und also eine Arbeit leisten. Es muss also der elektrisch geladenen Kugel eine Arbeitsfähigkeit innewohnen, und zwar eine potentielle Energie, da die Elektricität auf der Kugel in Ruhe ist. Es ist auch bekannt, dass die so angehäufte Elektricität von dem geladenen Körper wieder abfließt, sobald man ihr durch eine metallische Verbindung desselben mit ungeladenen Körpern, z. B. der Erde, einen Weg bahnt. Nun ist bemerkenswert, dass dieses Abfließen nicht ohne Arbeitsleistung geschehen kann. Zunächst besteht dieselbe darin, dass beim Hindurchgang der Elektricität durch den Ableitungsdraht Wärme produciert wird. Außerdem stellt aber die Elektricitätsbewegung in der Umgebung der Leitung einen Zustand des Äthers her, der sich durch magnetische Wirkung der fließenden Elektricität äußert.

Beide Erscheinungen sind im großen bei Blitzschlägen zu beobachten. Ein solcher ist nichts anderes

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



als der Übergang der elektrischen Ladung der Wolken zur Erde. Da dem Blitze auf dem Wege zur Erde keine gute metallische Leitung zur Verfügung steht, so hat die Elektricität einen großen Widerstand zu überwinden. Sie muss eine bedeutende Arbeit leisten, welche schließlich als Wärme erscheint, und daher stammt die große Hitzeentwicklung beim Blitzschlage, welche sehr schwer schmelzbare Substanzen, z. B. Quarzsand, schmilzt. Wo letzteres geschieht, entstehen die bekannten Blitzröhren. Außerdem ruft der Blitz auch magnetische Erscheinungen hervor, was man an den häufig durch ihn verursachten Ablenkungen, ja sogar Ummagnetisierungen von Magnetnadeln erkennen kann.

Besser als an Anordnungen, bei denen nur kleine Elektricitätsmengen zur Verfügung stehen, wie dies bei mit geriebenen Stäben aus Glas oder Harz geladenen Körpern der Fall ist, lassen sich die Wärmeentwicklung und die magnetischen Wirkungen fließender Elektricität an Einrichtungen studieren, bei welchen solche in ausgiebiger Menge zur Verfügung steht.

Ich habe hier eine aus Eisen- und Kupferdraht von gleicher Dicke bestehende Drahtleitung ausgespannt, und zwar folgt auf eine einige Decimeter lange Strecke Kupfer eine solche aus Eisen, dann wieder Kupfer u. s. w. Ich schicke nun einen elektrischen Strom durch die Leitung. Es zeigt sich, dass die aus Eisen bestehenden Leitungsstücke zu glühen beginnen, während die kupfernen Drähte dunkel bleiben. Indem

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



nämlich derselbe Strom durch das Kupfer und das einen größeren Widerstand entgegensetzende Eisen hindurchfließt, hat er in dem letzteren eben wegen des größeren Widerstandes eine bedeutendere Arbeit zu leisten, welche schließlich als Wärme erscheint.

Bisher haben wir erkannt, dass ein elektrisch geladener Körper Träger von potentieller Energie ist, indem die auf ihm befindliche Elektricität erst eine Arbeit zu leisten imstande ist, wenn man ihr Gelegenheit gibt, abzufließen. Ferner erhellt daraus, dass der elektrische Strom Wärme entwickeln, also unmittelbar Arbeit leisten kann, dass er eine kinetische Energieform darstellt. Nun kann man leicht nachweisen, dass ein elektrischer Strom unter Umständen noch eine ganz andere potentielle Energieform zu erzeugen imstande ist. Ich habe hier eine Drahtspule in der Nähe einer Magnetnadel aufgestellt. Sobald die Spule ein Strom durchfließt, wird die Nadel abgelenkt. Eine solche Ablenkung wird auch erzielt, wenn man statt der Spule einen Magnet in die Nähe der Nadel bringt. Indem wir gezwungen sind, anzunehmen, dass diese Ablenkung einen besonderen Zustand des Äthers in der Umgebung des Magnetes zur Ursache hat, sehen wir, dass die stromdurchflossene Spule die Fähigkeit hat, einen ebensolchen Zustand hervorzurufen wie ein Magnet. Ich löse nun die Spule von der Stromquelle ab und verbinde sie mit einem Galvanometer, d. i. mit einem Instrumente, welches gestattet, vorhandene Ströme nachzuweisen. Sobald

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



ich jetzt einen Magnetstab in die Spule einführe, zeigt das Galvanometer Strom (Inductionsstrom) an. Ebenso, aber nach der entgegengesetzten Richtung, wenn ich den Stab wieder aus der Spule entferne. Der so erzeugte Strom entwickelt ebenfalls Wärme. Somit stellt der magnetische Zustand im Äther eine Energieform dar. Diese liefert eine Arbeit bei ihrem Verschwinden und bedarf einer solchen zu ihrer Erzeugung.

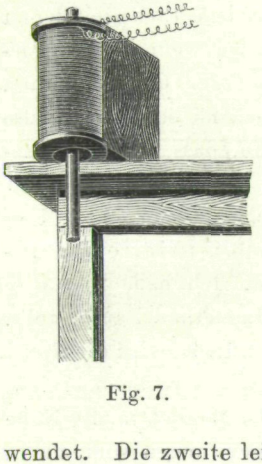

Fig. 7.

Wenn wir einen elektrischen Strom schließen, hat dieser somit zweierlei Arbeit zu verrichten. Die eine leistet er nur zu Beginn seines Fließens und wird dieselbe zur Erzeugung des magnetischen Zustandes, einer potentiellen Energie, im Äther verwendet. Die zweite leistet er während seines ganzen Bestandes, es ist die Erwärmung der Leitung.

Man kann nun weiters die durch einen elektrischen Strom im Äther aufgespeicherte potentielle Energie, welche sich durch magnetische Wirkungen äußert, direct in mechanische Energie verwandeln. Ein Beispiel hiefür liefern die Elektromotoren, welche die ihnen in Form eines elektrischen Stromes zugeführte Energie in mechanischer Arbeit reproducieren.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at



Ich will Ihnen, hochgeehrte Versammlung, nur ein einfaches Beispiel für diese Umsetzung vorführen. Durch diese große Spule sende ich einen Strom, und Sie sehen, dass eine starke Eisenstange gehoben wird, indem sie in die Spule hineingezogen wird (Fig. 7). Sobald ich den Strom unterbreche, fällt die Stange wieder herab. Wenn der Strom wieder zu fließen beginnt, leistet er eine Arbeit, die in der Herstellung des magnetischen Zustandes besteht. Ein Theil dieser Arbeit drückt sich auch in der Hebung der Stange aus. Ist diese einmal gehoben, so besteht die Arbeitsleistung des Stromes nur mehr in der Erwärmung der Spule, indem zur Erhaltung der potentiellen Energie, welche in dem magnetischen Zustand des Äthers, des Eisens und der erhöhten Lage des letzteren besteht, keine weitere Arbeitsleistung erforderlich ist. Sobald ich den Strom öffne, fällt das Eisenstück zuboden, und ich erhalte jetzt eine mechanische Arbeit, welche der erlangten potentiellen Energie desselben äquivalent ist.

Ich glaube, mit diesen Ausführungen Ihnen, hochverehrte Anwesende, in flüchtigen Zügen einen Überblick über den inneren Zusammenhang der Naturerscheinungen gegeben zu haben. Die Energie ist es, welche denselben herstellt, und um den Besitz derselben führt ein jedes Wesen den großen Kampf, den man den Kampf ums Dasein nennt.

# ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien

Jahr/Year: 1896

Band/Volume: 36

Autor(en)/Author(s): Tuma Josef

Artikel/Article: Einiges über unsere heutigen Anschauungen von den Erscheinungsformen der Energie. 301-323