

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

**Ueber die Wandlungen des Arbeitsvermögens im
Haushalt der Natur und der Gewerbe**

Grashof, Franz

Berlin, 1877

[Text]

[urn:nbn:de:bsz:31-266544](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-266544)

Eine besonders wichtige Seite technischen Fortschritts ist die mehr und mehr ausgebildete Fähigkeit und Übung des Menschen, das in der Natur vorhandene Arbeitsvermögen zu Zwecken des Verkehrs und der gewerblichen Arbeit sich nutzbar zu machen. Wie sehr durch diese in den heutigen Culturstaaten so ausgedehnte Benutzung zum Betriebe von Eisenbahnen, Bergwerken und Fabriken die socialen Zustände sich geändert haben im Vergleich mit jenen Zeiten, als der Mensch fast nur seine eigene und die Muskelkraft einiger Arten von Thieren zu den betreffenden, an und für sich auch noch viel eingeschränkteren Zwecken zu benutzen verstand, bedarf keiner weiteren Ausführung. Was aber weniger auf der Hand liegt, das sind die mehr oder minder vorhandenen Aussichten für die Dauerhaftigkeit der obwaltenden Zustände und die bedenklichen Folgen, die mit unverständiger Ausbeutung der in Rede stehenden Gaben der Natur verbunden sein können, und ist es in dieser Hinsicht von Interesse, den voraussichtlichen weiteren Verlauf der betreffenden Entwicklung menschlicher Verhältnisse einer näheren Betrachtung zu unterwerfen, wenn auch freilich nur in sehr beschränktem Maße darauf zu rechnen sein mag, den Gang dieser Entwicklung entgegen der treibenden Macht des unmittelbaren Vortheils durch den von Einsicht geleiteten Willen zu beeinflussen.

Die sich hier darbietenden Fragen sind hauptsächlich folgende: In welchen Formen ist Arbeitsvermögen natürlich vorhanden? In welchen derselben wird es heutzutage vorzugsweise zu technischen Arbeitszwecken verwendet? Ist es in Betreff dieser Verwendbarkeit unerschöpflich oder nicht? Wenn nicht, wie wird sich die Art seiner Verwendung im Lauf der Zeit voraussichtlich ändern resp. behufs größtmöglicher Dekonomie im Interesse der Nachkommen ändern müssen?

Das Verständniß dieser Fragen, insbesondere der ersten, erfordert einige Erklärungen. Wenn ein Körper vom Gewicht G (z. B. Kilogramm) von der Höhe h (z. B. Meter) einerlei ob vertical oder gegen die Verticale geneigt niedersinkt, so sagt man, die Schwerkraft des Körpers habe dabei die Arbeit Gh (Kilogramm-Meter) geleistet oder verrichtet; umgekehrt sagt man, es werde eine Arbeit $= Gh$ Kilogramm-Meter aufgewendet, um den G Kilogramm schweren Körper h Meter hoch zu erheben, einerlei ob und welche Bewegung dabei etwa gleichzeitig der Körper in horizontaler Richtung oder anderweitig haben mag, falls nur immer die Höhe h auf seinen sogenannten Schwerpunkt als denjenigen Punkt bezogen wird, in welchem seine Schwerkraft angreifend gedacht werden kann. Auch faßt man beide Fälle dadurch zusammen, daß man die Höhe h im Falle der Hebung negativ setzt und dann in beiden Fällen Gh die Arbeit der Schwerkraft nennt, die somit selbst beim Niedergang positiv, beim Aufgange negativ ist. Dieser mit Bezug auf die Schwerkraft schon dem gewöhnlichen unwissenschaftlichen Sprachgebrauch entsprechende Begriff einer mechanischen Arbeit oder schlechtweg einer Arbeit (wie hier immer kurz ohne Gefahr eines Mißverständnisses gesagt werden kann) wird nun im wissenschaftlichen Sprachgebrauch auf jede beliebige Kraft übertragen, indem ihre (allgemein in Gewichtseinheiten, z. B. Kilogrammen

ausdrückbare) Größe statt des Gewichtes selbst, d. h. der Größe der Schwerkraft, ihre Richtung statt der lothrechten Richtung, ihr Angriffspunkt statt des Schwerpunktes des schweren Körpers gesetzt wird. Unter der Arbeit irgend einer Kraft, entsprechend einer gewissen Bewegung ihres Angriffspunktes, wird also das Product aus der Kraftgröße und dem Wege verstanden, den der Angriffspunkt der Kraft nach ihrer Richtung genommen zurücklegt, indem dabei dieser Weg positiv oder negativ gesetzt wird, jenachdem er im Sinne der Kraftwirkung oder im entgegengesetzten Sinne zurückgelegt wird. Die im ersten Falle positive Arbeit wird von der Kraft geleistet, der Absolutwerth der im zweiten Falle negativen Arbeit wird zur Bewältigung der Kraft aufgewendet.

Alle mechanisch-technischen Verrichtungen bestehen in Orts- oder Formänderungen gewisser Körper und sind mit Widerständen verbunden, d. h. mit Kräften, deren Angriffspunkte entgegen dem Sinne, in dem jene wirken, bewegt werden. Dazu ist eine gewisse Arbeit aufzuwenden, insbesondere als sogenannte Betriebsarbeit einer Maschine, vermittels welcher in der Regel der vorgesezte Zweck mit gewissen zwangläufigen relativen Bewegungen und dadurch möglichst vollkommen erreicht werden soll. Diese der Natur zu entnehmende Arbeit ist aber in derselben nicht schon als solche, sondern als ein Etwas, mathematisch gesprochen als eine Größe vorhanden, welche in die Form von Arbeit äquivalenter Größe sich umsetzen kann und deshalb passend als Arbeitsvermögen zu bezeichnen ist. Dasselbe kommt in verschiedenen Formen vor, die sich in einander umwandeln können und auch thatsächlich im Allgemeinen mehrfachen solchen Wandlungen unterworfen sind, bevor sie unmittelbar zu gewissen Arbeitsleistungen technisch benutzbar werden. Solche Arbeitsleistung selbst vermittelt stets zugleich den Uebergang von Ar-

beitsvermögen in eben solches von derselben oder von anderer Form. Von besonderer Wichtigkeit ist dabei der die heutige Naturwissenschaft beherrschende Fundamentalsatz, daß die Gesamtgröße des im Weltall vorhandenen Arbeitsvermögens unveränderlich ist, wie auch die einzelnen Formen desselben in beständiger gegenseitiger Umwandlung begriffen sein mögen, ein Satz, dessen Inhalt auch eigenschaftlich als Erhaltung des Arbeitsvermögens oder als Aequivalenz der verschiedenen Formen von Arbeitsvermögen bezeichnet werden kann, weniger gut dem heutigen wissenschaftlichen Sprachgebrauch entsprechend auch wohl noch als Erhaltung der Kraft resp. als Aequivalenz der verschiedenen Naturkräfte bezeichnet wird, und welcher natürlich voraussetzt, daß das Arbeitsvermögen in jeder einzelnen seiner verschiedenen Formen auf je eine gewisse passend gewählte Weise als Größe gemessen werde. Ihm zufolge sind wir trotz aller mechanischen Hilfsmittel niemals im Stande, Arbeit zu schaffen, d. h. ohne äquivalenten Aufwand zu gewinnen, sondern wir können nur die in großem Maßstabe auch ohne unser Dazuthun beständig vor sich gehenden gegenseitigen Umwandlungen verschiedener Formen von Arbeitsvermögen theilweise und in kleinerem Maßstabe nach unseren Zwecken lenken.

Zum vollen Verständnisse des erwähnten Fundamentalsatzes und der davon zu machenden technischen Anwendungen ist eine übersichtliche Unterscheidung der verschiedenen Formen des Arbeitsvermögens nöthig. Dieselbe würde zwar sehr unterstützt werden durch entsprechende, das Wesen der fraglichen Unterschiede in möglichstem Anschluß an den allgemeinen Sprachgebrauch kennzeichnende Benennungen, doch haben dergleichen bei der verhältnißmäßigen Jugend der in Rede stehenden wissenschaftlichen Auffassung der Weltökonomie noch keineswegs allgemein sich eingebürgert, und ist auch eine vorsichtige Beschränkung in dieser

Hinsicht geboten, um nicht durch ein Uebermaß von Neuerungen die Gefahr von Verwirrungen herbeizuführen oder wenigstens das Verständniß der bezüglichen Auseinandersetzungen durch ungewohnte oder in ungewohntem Sinne verstandene Benennungen zu erschweren. Von der Ansicht ausgehend, daß es im Interesse des allgemein menschlichen Charakters aller Wissenschaften am besten sei, die Bezeichnungen neuer wissenschaftlicher Begriffe den alten Sprachen zu entnehmen, ist mehrseitig das Wort Energie als gleichbedeutend mit Arbeitsvermögen gebraucht, und sind dann die in Betreff der verschiedenen Formen des letzteren zunächst zu unterscheidenden zwei Hauptgruppen als kinetische und potenzielle Energie bezeichnet worden. Einigermassen allgemein sind diese Bezeichnungen indessen nicht in die verschiedenen wissenschaftlichen Cultursprachen bisher aufgenommen, weshalb ich es hier vorziehe, statt dessen die zwar auch nicht allgemein üblichen, aber doch dem allgemeinen Verständnisse näher liegenden und kaum weniger gut dem Wesen der Sache entsprechenden deutschen Bezeichnungen: freies und gebundenes Arbeitsvermögen zu gebrauchen. Unter einem freien Arbeitsvermögen ist ein solches zu verstehen, das eine bewegte Masse vermöge ihrer Bewegung besitzt, unter gebundenem Arbeitsvermögen aber ein solches, welches einer Gruppe von Massen in Folge ihrer relativen Lagen und der zwischen ihnen wirksamen Kräfte innewohnt. So besitzt z. B. der Rammhämmer, indem er den Kopf des einzurammenden Pfahles mit einer gewissen Geschwindigkeit trifft, vermöge dieser und seiner Masse ein gewisses freies Arbeitsvermögen, welches die erforderliche Arbeit liefert, um den Pfahl entgegen dem Widerstande des Erdreichs um eine gewisse Strecke tiefer einzutreiben. Wenn aber der emporgezogene Rammhämmer in seiner höchsten Lage festgehalten wird oder auch nur momentan in Ruhe ist, so besitzt er oder eigentlich das aus ihm

und der Erde bestehende Massensystem in Folge ihrer gegenseitigen Anziehungskraft und jener Erhebung ein gewisses gebundenes Arbeitsvermögen, das erst beim Niederfallen des Rammbärs frei wird, und diese Umsetzung von gebundenem in freies Arbeitsvermögen wird vermittelt durch die Arbeit, welche die Schwerkraft beim Niederfallen verrichtet. Bei dem Emporziehen des Rammbärs findet auch eine Umsetzung von Arbeitsvermögen statt, indem (bei Voraussetzung einer Handramme) das in den Muskeln der Arbeiter gebundene in jene andere Form gebundenen Arbeitsvermögens übergeht, und zwar wird dieser Uebergang durch die zur Bewältigung der Schwerkraft beim Aufzuge angewendete Arbeit vermittelt. Auch wird das freie Arbeitsvermögen des eben niedergefallenen Rammbärs zum Theil durch den Stoß, zum Theil eben durch Vermittelung der Arbeit zur Bewältigung des Erdwiderstandes in eine gewisse andere Form freien Arbeitsvermögens verwandelt, die sich nach wiederholten Schlägen durch Erwärmung des Pfahls und des Rammbärs zu erkennen giebt.

Dieses Beispiel schon zeigt, daß die unterschiedenen zwei Gattungsformen des Arbeitsvermögens wieder mehrere verschiedene Specialformen in sich begreifen, zu deren Kennzeichnung ein Blick auf die heutigen naturwissenschaftlichen Vorstellungen von dem Causalzusammenhange zwischen der Beschaffenheit und den wahrgenommenen Eigenschaften der Materie geworfen werden mag. — Durch vielfache Erfahrungen, u. A. besonders durch die Thatsache, daß Wärme, Licht, Electricität und Magnetismus sich gegenseitig in einander und in meßbare Bewegung wägbarer Massen umsetzen resp. daraus entstehen können, ist es ganz unmöglich geworden, das Wesen jener mit Wärme, Licht, Electricität und Magnetismus bezeichneten Zustände noch ferners hin, wie es früher geschehen war, in gewissen besonderen un-

(886)

wägbaren Materien (einem Wärmestoff, Lichtstoff, einem elektrischen und magnetischen Fluidum) zu suchen der Art, daß die passend gemessenen Größen gewisser Aenderungen dieser Zustände durch proportionale Mengenänderungen der betreffenden Materien bedingt würden; denn die Möglichkeit des Entstehens und Vergehens der letzteren und ihrer gegenseitigen Verwandlung in einander, die doch hätte angenommen werden müssen, wäre schon dem Begriff aller Materie als des beharrenden Trägers wechselnder Eigenschaften entgegen. Das Wesen jener physikalischen Zustände wurde deshalb in gewissen als solche nicht unmittelbar wahrnehmbaren relativen Bewegungen und mittleren relativen Lagen kleinster Massentheilchen gesucht und zwar der elementaren Theilchen theils des in dem betreffenden Zustände befindlichen wägbareren Körpers selbst, theils des sogenannten Aethers, d. i. einer freilich auch hypothetischen, mit unseren Hülfsmitteln unwägbareren, aber wenigstens einheitlichen Materie, die man sich nicht nur in den Körpern, sondern im ganzen Weltraum verbreitet denkt, und zu deren Annahme besonders der Umstand nöthigte, daß die fraglichen Zustände auch durch den sogenannten leeren, d. h. von wägbarer Materie freien Raum hindurch von einem zu einem anderen Körper übertragen werden können. Mit Rücksicht ferner auf Gesetze der Chemie und viele andere erfahrungsmäßigen Thatsachen, deren nähere Erläuterung, weil auf eine Uebersicht des wesentlichen Inhaltes fast unserer gesammten naturwissenschaftlichen Erkenntniß hinauslaufend, hier nicht erwartet werden kann, ist man schließlich im Ganzen etwa zu folgender Vorstellung von der Beschaffenheit der materiellen Welt und vom Wesen ihrer erwähnten Hauptgruppen physikalischer Erscheinungen gelangt.

Jeder Körper wird als ein Aggregat von unmeßbar kleinen materiellen Theilchen, sogenannten Molekülen betrachtet, welche

selbst wieder Gruppen von noch kleineren, ihrerseits aber nicht weiter theilbaren und deshalb Atome genannten Theilchen sind, und zwar bestehen die Moleküle chemisch einfacher Stoffe aus gleichartigen, die chemisch zusammengesetzter Stoffe aus theilweise ungleichartigen Atomen, indem man (wenigstens vorläufig) so viele verschiedene Arten der letzteren von je einer bestimmten, der betreffenden Art eigenthümlichen Masse annimmt wie es der zeitigen Kenntniß zufolge chemisch einfache Stoffe giebt. Die verschiedenen Atome eines Moleküls und die verschiedenen Moleküle eines Körpers berühren sich im Allgemeinen nicht; in den Zwischenräumen, die sogar verhältnißmäßig, d. h. im Verhältniß zur Größe der Atome oder Moleküle selbst sehr groß sein können, befinden sich Theile jenes im ganzen Weltraum verbreiteten unwägbaren Stoffes, des Aethers, der auch aus getrennten und zwar gleichartigen Atomen bestehend gedacht wird. Der von Körper- oder Aetheratomen nicht ausgefüllte Theil des Raumes wird als absolut leer betrachtet, nicht zu verwechseln mit einem meßbaren, sogenannten leeren Raume, d. i. einem solchen, der nur von wägbarer Materie (von Körpermolekülen) frei ist. Die Möglichkeit der Dauer einer solchen Gruppierung der an und für sich frei beweglichen Aetheratome, Körperatome und Moleküle erfordert die Annahme von Kräften, welche, jenachdem sie zwischen zwei gleichartigen oder ungleichartigen Körperatomen, zwei Aetheratomen oder zwischen einem Körper- und einem Aetheratom stattfinden, verschiedenen Wirkungsgesetzen folgen, jedenfalls theils Anziehungs-, theils Abstoßungskräfte sind. Die Einzelheiten in dieser Beziehung entbehren noch einer befriedigenden Bestimmung und Begründung, die dadurch erschwert wird, daß abgesehen von der allein durch den Aether bedingten Licht- und Wärmestrahlung die meisten physikalischen Erscheinungen unmittelbar nur auf die gegenseitige Wirkung der kleinsten gleichartigen

Körpertheile, also der von gewissen Aetherhüllen begleiteten Moleküle schließen lassen, diese Gesamtwirkung aber zunächst auf verschiedene Weise als das Ergebnis von Einzelwirkungen zwischen Körper- und Aetheratomen erklärt werden kann. Daß Aetheratome sich gegenseitig abstoßen, wird allgemein angenommen, daß Körper- und Aetheratome ebenso wie Körper- und Körperatome sich anziehen, ist wenigstens die gewöhnliche Annahme.

Gemäß dieser Vorstellung einer im Allgemeinen berührungslosen, so zu sagen frei schwebenden Gruppierung der die einzelnen Weltkörper und ihre meßbaren Theile constituirenden untheilbaren Massenelemente oder Atome ist die relative Lage sowohl der Körperatome in den Molekülen und der Moleküle in den Körpern, wie auch der Aetheratome in den Körpern und im Weltraum wenigstens innerhalb gewisser Grenzen variabel, ähnlich wie der Ort eines irdischen Körpers auf der Erde, die Stelle der Erde im Sonnensystem und die relativen Lagen der das Weltall bildenden unzählig vielen Sonnensysteme variabel sind. Die relative Lage der Atome eines Moleküls ist unbeschadet der Erhaltung seines physikalischen und chemischen Charakters stets nur sehr beschränkt veränderlich zu denken; das Hinausgehen über diese Schranke bedingt eine chemische Zersetzung oder wenigstens eine dauernd veränderte Constitution des Moleküls aus denselben Atomen und in Folge dessen eine Aenderung der Eigenschaften des betreffenden Körpers. Die Veränderlichkeit der relativen Lage der Moleküle eines Körpers ist je nach dessen Aggregatform auf verschiedene Weise und in verschiedenem Grade beschränkt, am meisten bei festen, am wenigsten bei luftförmigen Körpern; das Wesen dieser verschiedenen sogenannten Aggregatformen wird indessen nicht allein durch die verschiedenen Grenzen bedingt, zwischen welchen die Aggregation der Moleküle variabel

ist, sondern zugleich durch die Art ihrer Bewegung innerhalb dieser Grenzen. Es können nämlich gemäß jener atomistischen Vorstellung von der Constitution der Materie sowohl die Atome in den Molekülen und die Moleküle sammt ihren zugehörigen Aetherantheilen in den Körpern, als auch die außerdem in den Körpern oder im Weltraum befindlichen Aetheratome in beständigen relativen Bewegungen begriffen sein, und die Voraussetzung solcher nicht wahrnehmbaren Bewegungen ist es eben, wodurch die mechanische Erklärung der Naturerscheinungen erst möglich, wodurch insbesondere auch das Wesen der verschiedenen Formen des Arbeitsvermögens begründet und die Thatsache ihrer gegenseitigen Umsehbarkeit in einander nach bestimmten Größenverhältnissen begreiflich wird.

Was zunächst das freie Arbeitsvermögen betrifft, so kann dasselbe nun als äußeres und inneres unterschieden werden. Unter äußerem freiem Arbeitsvermögen will ich dasjenige verstehen, welches einer als solche wahrnehmbaren Bewegung entspricht, d. h. einer Bewegung, bei der die materiellen Punkte des betreffenden Körpers Wege von meßbarer Länge durchlaufen, sei es, daß diese Bewegung ohne Formänderung des Körpers stattfindet, wie z. B. bei dem fallenden Kammbar, oder mit einer solchen verbunden ist, wie z. B. bei den Schwingungen eines federnden Körpers. Das innere freie Arbeitsvermögen entspricht dann den vorausgesetzten, als solche nicht wahrnehmbaren und meßbaren relativen Bewegungen der hypothetischen theils die wägbare Materie constituirenden Körperatome und Moleküle, theils im ganzen Weltraum verbreiteten Aetheratome, und in diesen Bewegungen, welche mit der Bezeichnung als innere den wahrnehmbaren und meßbaren als äußeren Bewegungen entgegen gesetzt werden mögen, besteht, wie man annimmt, die sogenannte freie oder fühlbare Wärme, das Licht und die als elek-

trischer Strom erscheinende freie Elektrizität. Die in wägbaren Körpern enthaltene, durch sogenannte Leitung übertragbare freie Wärme besteht, wie wenigstens meistens angenommen wird, in relativen Bewegungen theils der Körperatome in den Molekülen, theils der letzteren mit ihren zugehörigen Aetherhüllen in den Körpern, dagegen die sogenannte strahlende, d. h. die unabhängig von wägbarer Materie durch Strahlung im ganzen Weltraum übertragbare Wärme nach allgemeiner Annahme in schwingenden Bewegungen der Aetheratome. Liegt die Schwingungsdauer bei solcher Bewegung der Aetheratome innerhalb gewisser Grenzen, so ist sie zugleich als Licht wahrnehmbar; letzteres ist hier also nicht als eine besondere Form innerer Bewegung und entsprechenden inneren Arbeitsvermögens von der strahlenden Wärme zu unterscheiden, ebenso wenig wie gewisse äußere schwingende Bewegungen wägbarer Materie, die zugleich dem Ohr als Schall vernehmbar sind, deshalb hier bezüglich der verschiedenen Formen des freien Arbeitsvermögens einer besonderen Hervorhebung bedürften. In Betreff der Art von innerer Bewegung, welche die freie Elektrizität charakterisiren mag, haben sich noch nicht so feste Ansichten gebildet, wie es in Betreff der strahlenden Wärme, also auch des Lichtes, und der in wägbaren, besonders in gasförmigen Körpern enthaltenen freien Wärme der Fall ist, worauf hier indessen nicht näher eingegangen zu werden braucht. In allen Fällen wird übrigens die Größe des äußeren sowohl wie des inneren freien Arbeitsvermögens nach mechanischen Principien gemessen durch die halbe Summe der Producte aus den in äußerer resp. innerer Bewegung begriffenen betreffenden Massenelementen und den Quadraten ihrer Geschwindigkeiten, eine Größe, welche (zwar sehr allgemein, aber dem heutigen wissenschaftlichen Kraftbegriff schlecht entsprechend) auch als lebendige Kraft bezeichnet zu werden pflegt. Wird statt dessen die passen-

dere Bezeichnung „freies Arbeitsvermögen“ gebraucht, so besteht das bekannte mechanische Princip der sogenannten lebendigen Kraft in dem Satze, daß die Aenderung des freien Arbeitsvermögens eines bewegten Massensystems der Summe der entsprechenden Arbeiten der an ihm wirksamen Kräfte gleich ist einem Satze, der dann als Princip des freien Arbeitsvermögens zu bezeichnen ist und eine ganz allgemeine Bedeutung hat, mag es sich um äußere oder innere Bewegung handeln und um Kräfte, die auf meßbare oder auf unmeßbar kleine Entfernungen wirken. Aus ihm und aus der Erwägung, daß die Aenderung des gebundenen Arbeitsvermögens eines zu Anfang und zu Ende ruhenden Massensystems der Summe der Arbeiten der zwischen den Massenelementen des Systems wirksamen Kräfte entgegengesetzt gleich ist, folgt der schon erwähnte Fundamentalsatz von der Erhaltung des Arbeitsvermögens als einer gewissen Größe, und ist zugleich allgemein ersichtlich, wie die Formverwandlungen desselben durch die Arbeiten von Kräften vermittelt werden. — Für die beiden Formen des inneren freien Arbeitsvermögens, die qualitativ als freie Wärme und Elektrizität bezeichnet werden, sind die Quantitätsbezeichnungen Wärmemenge und Elektrizitätsmenge üblich geblieben, in Folge der früheren Vorstellung, nach der diese Größen den Mengen gewisser besonderer unwägbarer Materien proportional angenommen wurden. Es ist ein Nebelstand, mit dem die Naturwissenschaft so vielfach zu kämpfen hat, daß es oft unmöglich ist, mit den fortgeschrittenen Vorstellungen vom Zusammenhange der Erscheinungen und ihrer Ursachen zugleich auch die entsprechenden, auf Grund anderer Vorstellungen früher gebildeten und seitdem eingebürgerten Bezeichnungen durch neue zu ersetzen, ohne damit die Gefahr verwirrender Unsicherheit herbeizuführen.

Ebenso wie das freie, kann auch das gebundene Arbeits-

(892)

vermögen mit möglichster sprachlicher Kürze passend zunächst als äußeres und inneres unterschieden werden, jenachdem es einem System von meßbaren Massen vermöge ihrer relativen Lagen in gegenseitigen Entfernungen von meßbaren Größen und der zwischen ihnen wirksamen Kräfte innewohnt, oder aber den Körpern selbst vermöge der relativen Lagen der sie constituirenden hypothetischen Atome und der zwischen diesen wirksamen Kräfte. Ein äußeres gebundenes Arbeitsvermögen ist hiernach z. B. dasjenige, welches im Falle des erhobenen Rammbars seiner Masse und Erhebungshöhe entspricht, das großartigste Beispiel aber ist das Arbeitsvermögen, welches den je als Ganze betrachteten Weltkörpern gemäß ihren gegenseitigen Entfernungen und Anziehungskräften zukommt. Von den verschiedenen Formen inneren gebundenen Arbeitsvermögens verdient dasjenige eine besondere Hervorhebung, welches der Gruppierung der Atome in den Molekülen und den zwischen ihnen wirksamen sogenannten chemischen Kräften entspricht; dasselbe, welches als chemisch gebundenes Arbeitsvermögen bezeichnet werden mag, bewirkt, indem es als Wärme frei wird, die Temperaturerhöhung, von welcher chemische Verbindungen begleitet zu werden pflegen und immer begleitet werden würden, wenn sie nicht meistens complicirte, zugleich mit chemischen Zersetzungen und mit Ueänderungen der Aggregatformen der betreffenden Substanzen verbundene Vorgänge wären. Im Gegensatz zu diesem chemisch gebundenen kann das innere gebundene Arbeitsvermögen in allen seinen übrigen Formen als physikalisch gebundenes bezeichnet werden. Abgesehen von seiner Erscheinungsform als statische oder gebundene Electricität und als Magnetismus (über deren besonderen Causalzusammenhang mit der atomistischen Körperconstitution bisher am wenigsten befriedigende Vorstellungen gewonnen wurden) ist es als auf der Gruppierung der Moleküle

mit ihren zugehörigen Aetherhüllen in den betreffenden Körpern beruhend zu betrachten. Dahin gehört u. A. das Arbeitsvermögen, welches ein elastischer deformirter Körper sich selbst oder einem anderen, z. B. die comprimirte Luft einer Windbüchse dem Geschöß in Form von äußerem freiem Arbeitsvermögen mitzutheilen im Stande ist, ferner das Arbeitsvermögen, welches bei der Schmelzung eines festen und bei der Verdampfung eines flüssigen Körpers als Wärme gebunden, bei der Erstarrung einer Flüssigkeit und bei der Condensation von Dampf als Wärme frei wird, indem die verschiedenen sogenannten Aggregatformen eines Körpers sich insbesondere auch dadurch unterscheiden, daß sein inneres gebundenes Arbeitsvermögen unter übrigens gleichen Umständen in der Luftform größer, als in der flüssigen, in dieser größer, als in der festen Form ist. — Uebrigens kann in allen Fällen die Größe eines gebundenen Arbeitsvermögens nicht absolut, sondern nur relativ gemessen und angegeben werden, d. h. als Ueberschuß über dasselbe für eine gewisse andere Configuration des betreffenden Massensystems. So hat z. B. der erhobene Rammbär ein bestimmtes gebundenes Arbeitsvermögen nur mit Bezug auf eine gewisse Höhe, bei dem Niederfallen von welcher seine Schwerkraft eine ebenso große Arbeit verrichtet; absolut genommen ist unter seinem oder vielmehr unter dem gebundenen Arbeitsvermögen des aus ihm und der Erde bestehenden Massensystems diejenige Arbeit zu verstehen, welche ihre gegenseitige Anziehungskraft verrichten würde, wenn beide Theile bis zu kleinstmöglicher Entfernung ihrer Massenmittelpunkte sich näherten, aber diese kleinstmögliche Entfernung ist eben nicht angebbar. Anders verhält es sich in dieser Hinsicht mit einem freiem Arbeitsvermögen, das eine ebenso bestimmte Größe hat, wie der Bewegungszustand einer Masse durch die Geschwindigkeiten ihrer materiellen Punkte vollkommen bestimmt ist. Natürlich wird in-

dessen durch den hier bemerkten Mangel absoluter Meßbarkeit der Satz von der Erhaltung des gesammten Arbeitsvermögens trotz beliebigen Wechsels der Erscheinungsformen seiner Bestandtheile durchaus nicht berührt, weil es sich dabei immer nur um die Größenänderung einer gewissen Form von Arbeitsvermögen, nicht um seine absolute Größe selbst handelt.

Bevor ich mich nun zur Beantwortung der Fragen wende, die ich in Betreff der technischen Benutzung des Arbeitsvermögens im Eingange dieser Besprechung aufgeworfen habe, möchte ich noch ausdrücklich hervorheben, daß jene so wesentlich hier benutzte Vorstellung einer in gewisser Weise atomistischen Constitution der Materie durchaus nicht etwa die Erkenntniß ihrer wirklichen Beschaffenheit, die Erkenntniß „des Dinges an sich“ beanspruchen will. Sie ist eben nur als ein Hülfsmittel zu betrachten, welches wie es überhaupt zur Erklärung der Naturerscheinungen mehr und mehr Dienste bisher leistete, so auch hier wesentlich mit dazu verholfen hat, das äußere und innere freie und gebundene Arbeitsvermögen, die freie Wärme und Electricität, das physikalisch und chemisch gebundene Arbeitsvermögen als nur verschiedene Formen einer übrigens stets gleichartigen und als solche ebenso wenig zu erzeugenden wie zu vernichtenden mechanischen Größe zu begreifen. Naturerklärung kann für uns überhaupt nur darin bestehen, die unendliche Mannigfaltigkeit der Naturerscheinungen als die nothwendige Folge einer beschränkten Zahl hypothetischer Ursachen nachzuweisen; sie ist um so vollkommener, je mehr es gelingt, diese Hypothesen zu vereinfachen und zu beschränken. Ein erheblicher Schritt zu solcher Beschränkung war z. B. die Ersetzung der verschiedenartigen hypothetischen Imponderabilien, des Wärmestoffs, des Lichtstoffs, des elektrischen und magnetischen Fluidums durch den einheitlichen Aether in Verbindung mit entsprechender Ausbildung der At-

mistik; ein weiterer Schritt wäre eine derartige Ausbildung der letzteren, daß dadurch die jetzt noch nöthige Annahme einer so großen, den chemisch bis jetzt unzerlegbaren Substanzen entsprechenden Zahl verschiedenartiger Körperatome entbehrlich würde. Was aber die heutige Naturwissenschaft vorzugsweise charakterisirt und von allgemein speculirender Naturphilosophie unterscheidet, das sind die weit größeren Anforderungen, die sie an ihre Hypothesen stellt, sofern dieselben nicht nur qualitativ, sondern auch in jeder Hinsicht quantitativ die Naturerscheinungen erklären sollen. Dazu ist es nöthig, den die Beschaffenheit der Materie betreffenden Fundamentalhypothesen eine solche Fassung, einen solchen Gehalt von räumlichen und Zeiteinheiten, von Massen- und Kraftereinheiten zu geben, daß mathematisch-mechanische Entwicklungen darauf basirt werden können behufs Vergleichung der solcher Weise aus ihnen gezogenen Folgerungen mit den Messungsergebnissen von Beobachtungen und Versuchen. Diesem Bedürfniß exacter und erschöpfender Prüfung zu entsprechen ist allein die Atomistik geeignet. —

In welchen Formen vorzugsweise wird das natürlich vorhandene Arbeitsvermögen zu technischen Arbeitszwecken von uns benutzt? Natürlich in solchen, in denen es am reichlichsten entweder durch Ansammlung oder durch beständige Erneuerung in oder auf der Erde vorhanden, in denen es ferner am leichtesten faßbar und zwar insbesondere örtlich concentrirbar ist. Am meisten, wenn auch in verschiedenem Grade, entspricht diesen Bedingungen das äußere freie oder gebundene Arbeitsvermögen des Wassers, das äußere freie Arbeitsvermögen der atmosphärischen Luft, sowie das innere gebundene und zwar chemisch gebundene Arbeitsvermögen von lebenden Wesen, von vegetabilischen und fossilen Brennstoffen.

Das äußere Arbeitsvermögen des Wassers ist in Form von

freiem Arbeitsvermögen technisch nutzbar als dasjenige, welches in Flußbetten fließendes Wasser vermöge seiner Masse und Geschwindigkeit besitzt, doch findet solche Art der Benutzung in nur untergeordnetem Grade statt, besonders deshalb, weil in dieser Form das Arbeitsvermögen in einer verhältnißmäßig allzu großen Wassermasse vertheilt und auch nicht auf einfache Weise concentrirbar, d. h. auf eine kleinere Wassermasse mit entsprechend größerer Geschwindigkeit übertragbar ist. In viel größerem Maßstabe wird deshalb das äußere Arbeitsvermögen des Wassers als gebundenes, nämlich dadurch verwerthet, daß das Gefälle einer gewissen Flußstrecke durch Stauung und abgezweigte Canäle zu möglichst großem Theile an einer gewissen Stelle concentrirt wird. Wenn dann auch das gebundene Arbeitsvermögen, das dem Wasser in Folge dieses örtlich concentrirten Gefälles, nämlich in Folge der Höhendifferenz von Ober- und Unterwasserspiegel am Orte der betreffenden hydraulischen Kraftmaschine zukommt, unter Umständen nicht unmittelbar als solches, sondern mittelbar durch vorherige Umsehung in freies Arbeitsvermögen bewegten Wassers zur Arbeitsleistung in der Maschine gelangt, so läßt sich doch auf diese Weise einer bestimmten Wassermasse eine viel größere Geschwindigkeit, somit ein viel größeres freies Arbeitsvermögen mittheilen, als eine gleich große Wassermasse des natürlichen Flusses besitzt. Bei letzterem wird das ganze, seinem Gefälle und der Schwere des Wassers entsprechende gebundene äußere Arbeitsvermögen durch Vermittelung der Reibungswiderstände in inneres freies Arbeitsvermögen, nämlich in Wärme umgesezt, die aber hier eine nur so geringe, kaum merkliche Temperaturerhöhung verursacht, daß ihre technische Benutzung zu Arbeitszwecken ganz unthunlich ist. Durch Stauung des Flusses und durch Abzweigung eines Theils des gestauten Wassers durch einen Canal von kleinerem Gefälle vermindert

man aber mit der Geschwindigkeit des im natürlichen Flußbette aufgestauten und des in diesem Canal fließenden Wassers zugleich die Reibungswiderstände, so daß ein entsprechender Theil des äußeren Arbeitsvermögens, der sonst durch sie in Wärme umgesetzt worden wäre, nun als gebundenes Arbeitsvermögen örtlich concentrirt erhalten und zu technischer Benutzung disponibel bleibt.

Die atmosphärische Luft besitzt zwar als Wind ein sehr großes freies Arbeitsvermögen, das aber nur zu einem verhältnißmäßig kleinen Theile verwerthet werden kann, weil es in noch höherem Grade, als das freie Arbeitsvermögen des in Flußbetten strömenden Wassers, in einer allzu ausgedehnten Masse vertheilt und nicht auf hinlänglich einfache Weise concentrirbar ist. Dazu kommt, daß durch die große Veränderlichkeit der Windstärke an demselben Orte die technische Nutzbarkeit des Arbeitsvermögens in dieser Form noch mehr beschränkt wird. Denn Gleichförmigkeit des zum Betriebe disponiblen Arbeitsvermögens ist für die meisten gewerblichen Unternehmungen ein Haupterforderniß, ohne dessen Erfüllung eine sichere Beurtheilung der Leistungsfähigkeit behufs Uebernahme von Aufträgen mit einzuhaltenden Lieferungsfristen, eine beständige Beschäftigung von Gewerbsgehülfen und eine stetige vortheilhafte Verzinsung des Anlagecapitals nicht möglich wäre. Die Wasserführung von Flüssen ist wenigstens nicht in so hohem Grade wie die Windstärke variabel, auch im Ganzen auf mehr bekannte, gesetzmäßige, an die Jahreszeiten gebundene, somit im Voraus zu veranschlagende Weise; endlich kann die überschüssige Wassermenge eines Flusses zur Zeit des Hochwassers angesammelt werden als Ersatz für den Ausfall in trockenen Jahreszeiten.

Als chemisch gebundenes wird das Arbeitsvermögen sowohl im unentwickeltesten als auch in dem heutzutage am meisten ent-

wickelten Zustände der menschlichen Gesellschaft vorzugsweise zu Arbeitszwecken benutzt, dort durch die mit chemischen Umsetzungen verbundene Muskelthätigkeit von Menschen und Thieren, hier durch Vermittelung calorischer Kraftmaschinen, d. h. von Maschinen, welche die Gewinnung mechanischer Arbeit in technisch brauchbarer Form durch Umsetzungen aus Wärme, also aus innerem freiem Arbeitsvermögen vermitteln, welche Wärme selbst durch den Verbrennungsproceß vegetabilischer oder fossiler Brennstoffe durch Umsetzungen aus dem chemisch gebundenen Arbeitsvermögen derselben erhalten wird. In dem letzteren, hier vorzugsweise uns interessirenden Falle ist die resultirende Verwandlung chemisch gebundenen Arbeitsvermögens in mechanische Arbeit meistens ein sehr mittelbarer, zusammengesetzter Vorgang, bemerkenswerth als Beispiel wiederholter und mehrfach verzweigter Uebergänge verschiedener Formen von Arbeitsvermögen in einander, wie sie im Haushalt der Natur und der Gewerbe ohne Unterlaß stattfinden. Zuvörderst ist es nicht nur Wärme, worin sich chemisch gebundenes Arbeitsvermögen bei der Verbrennung z. B. von Steinkohle verwandelt; ein Theil desselben geht durch die Vergasung der ursprünglich festen brennbaren Bestandtheile auch in physikalisch gebundenes Arbeitsvermögen über, ein anderer Theil in äußeres freies Arbeitsvermögen, entsprechend der Geschwindigkeit, mit der die luftförmigen Verbrennungsproducte entweichen und die atmosphärische Luft von ihnen verdrängt wird. Die thatsächlich producirte Wärme wird nun bekanntlich zunächst meistens zur Verdampfung von Wasser in einem Dampfkessel verwendet, freilich nicht vollständig, da ein erheblicher Theil mit den immerhin noch wesentlich heißen Gasen durch die Esse abzieht; die Temperatur dieser abziehenden Gase ist ja nothwendig höher, als die im Kessel herrschende Temperatur von Wasser und Dampf, und sie darf auch schon mit Rücksicht auf die Zugwirkung der

Esse zur intensiven Unterhaltung des Verbrennungsprocesses durch Ansaugung äußerer Luft nicht unter eine gewisse Grenze sinken. Die in den Kessel eindringende Wärme behält zum Theil diese Form inneren freien Arbeitsvermögens bei, indem sie dazu dient, das mit niederer Temperatur in den Kessel eingepreßte Speisewasser bis zur Kesseltemperatur zu erwärmen, zum größeren Theil aber geht sie durch die Verdampfung von Wasser in die Form physikalisch gebundenen Arbeitsvermögens über; ein dritter Theil endlich setzt sich unmittelbar in Arbeit um in Folge der Volumvergrößerung, welche die Verdampfung begleitet. Indem nämlich diese Volumvergrößerung dadurch ermöglicht wird, daß der aus dem Kessel in den Maschineneylinder überströmende Dampf hier einen Kolben vor sich her treibt, wird auf letzteren eine Arbeit übertragen, die dem Product aus dem Dampfdruck auf denselben und der von ihm durchlaufenen Wegstrecke gleich ist. Durch die Expansion des Dampfes im Cylinder nach seiner Absperrung vom Kessel werden auch noch Theile seines freien und seines physikalisch gebundenen Arbeitsvermögens als Arbeit gewonnen, indem bei dieser Expansion der Dampf sich abkühlt und durch theilweise Condensation feucht wird. Immerhin aber bleibt die ganze auf den Kolben übertragene Arbeit nur ein kleiner Theil des dem aufgewendeten Brennstoffe eigenthümlichen Arbeitsvermögens, desjenigen nämlich, welches durch vollkommene Verbrennung desselben als Wärme gewonnen werden kann, und um so mehr gilt dasselbe von der schließlich nutzbar gemachten Arbeit, die noch kleiner als jene Arbeit des Dampfdrucks auf den Kolben ist, theils in Folge der unvermeidlichen Reibungswiderstände der verschiedenen in relativ gleitender Bewegung begriffenen Maschinentheile, wodurch eine theilweise Rückverwandlung von Arbeit in Wärme bedingt wird, theils in Folge des Gegendrucks auf die Vorderseite des Kolbens. Wenn auch der letztere, wie

es bei den sogenannten Condensationsmaschinen geschieht, so viel wie möglich reducirt wird, so werden doch selten mehr als 5 Procent des dem Brennstoffe eigenthümlichen Arbeitsvermögens selbst durch unsere besseren Dampfmaschinen als Nußarbeit gewonnen. Der ganze verhältnißmäßig große Rest ist nicht nur zu technischer Arbeitsverrichtung, sondern meistens überhaupt zu wirtschaftlichen menschlichen Zwecken verloren, indem sich nur ausnahmsweise Gelegenheit findet, einen Theil desselben noch als Wärme oder anderweitig zu verwerthen.

Dasjenige Ergebniß einer Nußbarmachung des chemisch gebundenen Arbeitsvermögens unserer Brennstoffe zu etwa 5 Procent ist zwar vergleichungsweise insofern nicht ungünstig, als das Arbeitsvermögen eines ganzen Flusses zu einem meist noch viel kleineren Theil, das der bewegten Luft gar nur zu verschwindend kleinem Theil benutzt wird; wirtschaftlich ungünstiger für den einzelnen Unternehmer wird es schon durch den Umstand, daß der Brennstoff nach Maßgabe seines ganzen, den Handelswerth bedingenden Arbeitsvermögens von ihm erworben werden muß, das Arbeitsvermögen eines Flusses wenigstens nur theilw eise nur hinsichtlich des zu benutzenden Gefälles einer gewissen Strecke seines Laufes, das der bewegten Luft dagegen überhaupt nicht; am ungünstigsten aber und zwar für die menschliche Gesellschaft im Ganzen erscheint das fragliche Ergebniß insofern, als die zum Betriebe calorischer Kraftmaschinen vorwiegend benutzten fossilen Brennstoffe einen aus früheren geologischen Perioden stammenden, von untergegangenen Vegetationen herrührenden Vorrath von Arbeitsvermögen darstellen, dessen Abgänge unerfesslich geworden sind. Alle übrigen der genannten Formen des technisch benutzten Arbeitsvermögens sind dagegen in beständiger wechselvoller Erneuerung begriffen; sie sind nur Theile des augenblicklichen irdischen Bestandes; an umlaufendem Arbeitcapital

der Welt, der durch Wärmeausstrahlung der Erde gegen den kälteren Weltraum hin zwar beständig vermindert, durch Zu- strahlung Seitens der Sonne aber beständig vermehrt und so auf einer im Ganzen nur wenig variablen Höhe erhalten wird, so lange wenigstens die Sonne selbst als Quelle von Licht- und Wärmestrahlung, als Quelle jenes Stromes von so zu sagen flüssigem Arbeitsvermögen nicht merklich zu versiegen anfängt.

Eine nähere Betrachtung der Art und Weise, wie die Sonne uns jenen beständigen Erfaß an Arbeitsvermögen liefert, das wir durch unsere sogenannten Kraftmaschinen (mit Ausnahme der durch Verbrennung fossiler Brennstoffe betriebenen) technisch verwerthen, ist wohl als Beispiel der im Haushalte der Natur in großem Maßstabe beständig stattfindenden betreffenden Wandlungen von noch allgemeinerem Interesse, als der am Beispiel der Dampfmaschine vorhin erläuterte, in viel kleinerem Maßstabe stattfindende Wechsel im Haushalt des gewerblichen Lebens. Zudem aber die Wärmestrahlung der Sonne das irdische Wasser besonders an den ausgedehnten Meeresoberflächen verdampft, verwandelt sich das in Form von Aetherschwingungen von der Sonne uns mitgetheilte freie Arbeitsvermögen zum größten Theil in physikalisch gebundenes, und indem der Wasserdampf entgegen der Schwere in höhere Schichten der Atmosphäre aufsteigt, geht das innere Arbeitsvermögen desselben zum Theil in äußeres gebundenes über; damit ist zunächst eine entsprechende Abkühlung und schließlich auch eine theilweise Condensation, nämlich Wolkenbildung verbunden, ein Vorgang, der durch Mischung mit kälteren Luftmassen beschleunigt und gesteigert werden kann. Haben diese Wolken eine solche Dichtigkeit erlangt, daß sie nicht mehr schweben können, sondern als Regen wieder zur Erde fallen, so geht hierbei der größte Theil ihres äußeren gebundenen Arbeitsvermögens durch Vermittelung der Arbeiten, welche die Schwer-

Kraft verrichtet und der Bewegungswiderstand verbraucht, in freie Wärme über, die sich durch Erwärmung theils des fallenden Regens selbst, theils der durchfallenen Luft zu erkennen giebt; indem aber der Regen zum Theil auf Festland, also auf solche Stellen der Erdoberfläche niederfällt, die über dem Meeresniveau liegen, bleibt ihm ein im Vergleich mit dem der Wolken zwar kleines, im Vergleich mit dem menschlichen Arbeitsbedürfnis aber immerhin noch sehr großes Arbeitsvermögen, das freilich nur von da an technisch nutzbar wird, wo jenes Wasser, vielleicht nach vorübergehend unterirdischem Lauf in Quellen wieder zu Tage tretend, zu Bächen und Flüssen sich sammelt bis zu schließlicher Rückkehr in das Meer. — Wie ferner die Sonnenwärme die Quelle des Windes und somit auch des durch Windräder nutzbar zu machenden Arbeitsvermögens ist, kann zwar im Einzelnen hier nicht mit wenigen Worten erläutert, im Allgemeinen indessen schon daraus gefolgert werden, daß durch Erwärmung die Luft dünner und leichter, somit zum Aufsteigen in der umgebenden dichteren Luft genöthigt wird, die dann ihrerseits unten gegen die Erwärmungsstelle hin fließt, während die aufgestiegene Luft oben seitlich abfließt, daß ferner diese Gleichgewichtsstörung der Atmosphäre in Folge der relativen Bewegung von Sonne und Erde beständig an anderen Stellen der Erdoberfläche sich wiederholt, und daß die daraus hervorgehenden Luftströmungen oder Winde bezüglich auf Richtung und Stärke durch mancherlei Umstände beeinflusst werden, z. B. durch die Verschiedenheit der ihrer Rotation entsprechenden Oberflächengeschwindigkeit der Erde unter verschiedenen geographischen Breiten, durch die Configuration des Festlandes, besonders aber durch das im Wasserdampfgehalt der Atmosphäre aufgespeicherte bedeutende Arbeitsvermögen, durch welches vorzugsweise die Wirbelstürme, überhaupt die gewaltigeren Luftströmungen zu erklären sind, das aber selbst doch

auch, wie schon hervorgehoben wurde, von der Sonne abstammt. — Wie endlich auch alles vegetabilische und animalische Leben der Erde mehr oder weniger mittelbar von Licht und Wärme abhängt, kann wieder hauptsächlich auf Uebergänge verschiedener Formen von Arbeitsvermögen in einander zurückgeführt werden, ausgehend von demjenigen, das in den die Sonnenstrahlung charakterisirenden Aetherschwingungen als freies Arbeitsvermögen enthalten ist. Durch dieses wird die Arbeit geliefert, die zur Zersetzung der in der Luft enthaltenen Kohlenäure angewendet werden muß, damit ihr Kohlenstoff von der Pflanze sich zu geeignet werden könne; es setzt sich dabei in chemisch gebundenes Arbeitsvermögen um, das als Wärme wieder frei wird, wenn die Pflanze unter Rückbildung von Kohlenäure verbrennt. Eine Art von Verbrennung ist es auch, der im thierischen Körper die aufgenommene Nahrung unterliegt, nur daß sie langsamer und weniger direct, auch nicht ausschließlich bis zu den einfachsten Endproducten, insbesondere was den Kohlenstoff betrifft, bis zu Kohlenäure fortschreitet, und daß auch die chemischen Wandlungen der Körperbestandtheile, die das animalische Leben charakterisiren, das in der Nahrung aufgenommene gebundene Arbeitsvermögen nicht nur als Wärme, sondern durch Vermittelung der Muskelthätigkeit zum Theil auch als Arbeit zur Bewegung des eigenen Körpers und zu anderen Arbeitszwecken frei werden lassen. So kann auch das in Pflanzen und Thieren chemisch gebundene Arbeitsvermögen als eine Concentration von in Aetherschwingungen vertheilt und zugestrahlttem Arbeitsvermögen der Sonne betrachtet werden, in welcher concentrirter Form dasselbe zu menschlichen Arbeitszwecken verwendbar geworden ist und in immer neuen Individuen der mit stetiger Entwicklung sich fortpflanzenden Gattungen von Organismen so lange erhalten bleiben wird wie die Sonne selbst als ausreichend ergiebige Quelle desselben. —

In den fossilen Brennstoffen dagegen, besonders in der Steinkohle, ist uns im Schooße der Erde ein Vorrath von chemisch gebundenem Arbeitsvermögen aufgespeichert, der von einer Periode der Erdgeschichte herrührt, in welcher eine durch die noch viel größere Eigenwärme der Erde unterstützte üppigere Entwicklung der Flora noch nicht im Gleichgewicht war mit dem Verbrauchsbedürfniß der Fauna, und zugleich die geologischen und meteorologischen Zustände der Erde die Erhaltung jenes Vegetationsüberschusses in schließlich zu Steinkohlenflözen gewordenen Ablagerungen ermöglichten — ein Vorrath, dessen Abgänge aber unerseßlich sind, sofern die Bedingungen, unter denen er sich bilden konnte, für immer dahin sind.

Wenn die menschliche Gattung sich solidarisch verbunden fühlte, nicht nur völkerweise und mit Rücksicht auf wenige spätere Generationen, sondern für die ganze Erde und für immer, dann müßte es natürlich als wirthschaftliches Gesetz gelten, jenes in den Kohlenflözen der Erde aufgespeicherte Arbeitsvermögen als einen unverzinslichen Schatz nur im Nothfalle oder insoweit anzugreifen, als das umlaufende, vor unseren Augen in beständigem Wechsel begriffene natürliche Arbeitsvermögen, von dem wir durch seine Nutzung im Gegensatz zu jenem gewissermaßen nur die Zinsen zu genießen brauchen, bei dem zeitigen Stand unserer Kenntnisse und Hülfsmittel zur Deckung des Arbeitsbedürfnisses nicht ausreicht; durch die Fortschritte der Naturerkenntniß und der Technik in Verbindung mit geeigneten wirthschaftlichen Maßregeln wäre jenes Zinsenerträgniß möglichst bis zum Gleichgewicht mit dem menschlichen Bedürfniß zu steigern. In der That aber haben sich die wirthschaftlichen Zustände der Völker in gerade umgekehrtem Sinne entwickelt, seit vor 100 Jahren die durch Watt so wesentlich vervollkommnete Dampfmaschine sich mehr und mehr die erste Stelle als industrieller Motor errungen hat.

Ueber die Leistungsfähigkeit der auf der Erde verbreiteten hydrodynamischen und aerodynamischen Betriebsmaschinen (Wasserräder, Turbinen, Wassersäulenmaschinen, Windflügelräder) sind zwar einigermaßen zuverlässige, und vollständige statistische Angaben z. B. nicht vorhanden, indessen ist sie wenigstens für die heutigen Culturstaaten ohne Zweifel erheblich kleiner, als die Gesammtstärke der in Betrieb befindlichen Dampfmaschinen, deren Zahl zu 200000 und deren Stärke gleich der von 12000000 Pferden oder 100000000 Menschen veranschlagt wird in einer Denkschrift, durch welche der Director des Kgl. preussischen statistischen Bureau's vor Kurzem das Wesen und die Bedeutung der am 1. December 1875 im deutschen Reiche vorgenommenen Gewerbezählung auseinandersetzte. Wenn freilich dort diese Angabe als ein Zeichen dafür hingestellt wird, wie die Menschen gegenwärtig es verstehen, die Natur zu bemeistern und sie zu zwingen, ihre Gaben immer reichlicher zu spenden, so muß man diesen Zustand der Dinge zwar als eine wesentliche Entwicklungsstufe unserer wirthschaftlichen Verhältnisse anerkennen, aber doch immerhin nur als eine Durchgangsstufe zu weiterer Entwicklung; denn in höherem Grade werden wir berechtigt sein, der Naturbemeisterung uns zu rühmen, wenn wir sie zwingen, vorwiegend nicht sowohl ihre unersehlich vergänglichen als vielmehr ihre stets sich erneuernden Gaben in den unseren Zwecken entsprechenden Formen immer reichlicher uns zu spenden.

Wenn nun auch freilich nicht daran zu denken ist, daß diese Erwägungen und die Rücksicht auf das nach Jahrhunderten oder gar nach Jahrtausenden die Erde bewohnende Menschengeschlecht eine Aenderung des zeitigen Systems der Deckung unseres gewerblichen Arbeitsbedarfs bewirken würde, vielmehr wohl anzunehmen ist, daß die Steinkohle als vorwiegend ausgebeuteter Schatz von Arbeitsvermögen nicht eher ihre Herrschaft verlieren

werde, bevor nicht die Noth dazu zwingen oder die Rücksicht auf den augenblicklichen oder wenigstens für nahe Zeit übersehbaren Vortheil dazu auffordern wird, so ist es doch immerhin von Interesse, die Zukunft zeitig ins Auge zu fassen und schon jetzt die Mittel zu erwägen, die zur Befriedigung des stetig wachsenden gewerblichen Arbeitsbedürfnisses bei abnehmendem Reichthum an Kohlen vorzugsweise in Aussicht genommen werden können.

Nachdem durch Vervielfältigung und Vervollkommnung der Maschine es möglich geworden ist, den Menschen mehr und mehr bezüglich seiner geistigen Fähigkeiten zur Geltung kommen zu lassen, kann natürlich nicht die Rede davon sein, die menschliche Muskelkraft wieder in höherem Grade in Anspruch nehmen zu wollen; es wäre der entschiedenste Rückschritt und doch bei Weitem nicht ausreichend, wie schon die so eben angeführten Zahlen bezüglich des ungefähren Arbeitsvermögens der heutigen Dampfmaschinen erkennen lassen. Ebenso wenig ist daran zu denken, das Arbeitsvermögen des Holzes oder die Muskelkraft von Thieren in ausgedehnterem Maße zu verwerthen; denn die zunehmende Dichtigkeit der Bevölkerung verlangt eine vorwiegend durch das menschliche Nahrungsbedürfniß bedingte Entwicklung der Bodencultur. Auch ist schon darauf hingewiesen worden, inwiefern die Benützung des Windes mit so erheblichen Einschränkungen verbunden ist und der Natur der Sache nach stets verbunden sein wird, daß auch auf ihn die Zukunft gewerblicher Arbeitsgewinnung nur nebensächlich verwiesen werden kann. Von den verschiedenen Formen, in denen z. B. das von der Natur uns dargebotene Arbeitsvermögen technisch benutzt wird, bleibt nur das äußere und zwar gebundene Arbeitsvermögen des Wassers als dasjenige übrig, dessen vortheilhafte Verwerthung einer bis zum vollen Ersatz der Dampfmaschinenarbeit reichenden Steigerung

fähig erscheint. Bemerkenswerthe Beispiele und Fingerzeige in dieser Hinsicht sind die Anlagen bei Schaffhausen und bei Freiburg in der Schweiz, woselbst durch Wehre das Gefälle des Rheins resp. der Saane der Art örtlich concentrirt wurde, daß dadurch ein Arbeitsvermögen von mehreren tausend Pferden mit Hülfe von Turbinen nutzbar gemacht werden und durch Drathseile auf städtische Entfernungen fortgeleitet werden kann, um es vermittels geeigneter Vorrichtungen nach Maß an viele einzelne Gewerbetreibende abzugeben, ähnlich wie durch städtische Röhrenleitungen und Gas- oder Wasser-Messapparate das Gas oder Wasser den einzelnen Abnehmern zugeleitet und zugemessen wird. Im Gebirge können erhebliche Quantitäten Arbeitsvermögen von Bächen, die jetzt ungenutzt bleiben, besonders durch die ausgedehntere Anlage von Sammelteichen gewonnen und dadurch zugleich die den Fabrikbetrieb so sehr störenden Verschiedenheiten der Wasserführung in verschiedenen Jahreszeiten ausgeglichen werden.

Die Vortheilhaftigkeit solcher Anlagen zur vollständigeren Ausnutzung des Arbeitsvermögens von Flüssen würde indessen zumeist auf die oberen Strecken ihres Laufs und auf kleinere Nebenflüsse beschränkt sein, wo das Gefälle am größten, das Gelände zu den betreffenden Anlagen in der Regel am billigsten, weil weniger zu anderen wirtschaftlichen Zwecken nutzbar ist, auch Rücksichten auf die Schifffahrt nicht hindernd in Betracht kommen, und es erscheint fraglich, ob dann durch solche Maßregeln allein das stets wachsende Arbeitsbedürfniß vollkommen zu befriedigen wäre, abgesehen davon, daß es auch nicht erwünscht sein könnte, die industrielle Thätigkeit allzu ausschließlich an das Gebirge zu fesseln. Nun haben wir aber noch ein sehr bedeutendes Arbeitsvermögen gerade umgekehrt an den Meeresküsten zur Verfügung, das äußere gebundene Arbeitsvermögen nämlich,

das dem mit der Ebbe und Fluth periodisch unter und über ein mittleres Niveau gesenkten resp. gehobenen Meereswasser entspricht, ein Arbeitsvermögen, das zwar hier und da in sehr kleinem Maßstabe (durch Umsetzung in freies Arbeitsvermögen fließenden Wassers) schon vor langer Zeit zum Betriebe von Wasserrädern benutzt worden ist (in Venedig nach vorhandenen Nachrichten schon im 10. Jahrhundert), das aber in Zukunft vermuthlich eine viel größere Bedeutung für die gewerbliche Thätigkeit gewinnen wird. Um es in größerem Maße zu verwerthen, besonders an solchen Küstenstellen, wo Ebbe und Fluth von erheblichen Niveauänderungen begleitet werden, wird es auch hier nöthig sein, ähnlich den zuvor erwähnten modernen Anlagen bei Schaffhausen und bei Freiburg in der Schweiz, die Arbeitsbeschaffung den einzelnen Arbeitsconsumenten abzunehmen, dieselbe vielmehr zu einem besonderen gewerblichen Unternehmen zu machen, für welches somit die nutzbare Arbeit als solche, d. h. abgesehen von der Art ihrer technischen Nutzung Productionsobject ist, das wie eine Waare nach Maas an die Arbeitsconsumenten verkauft wird. Dazu wären etwa in der Nähe der Küste je zwei große Wasserkammern anzulegen, die durch Schleusen gegen das Meer hin geöffnet und geschlossen werden können, von denen aber die eine nur zur Zeit höchster Fluth, die andere nur zur Zeit niedrigster Ebbe thatsächlich gegen das Meer hin geöffnet wird, so daß bei hinlänglicher Größe dieser Kammern der Wasserstand der ersten stets nur wenig niedriger, als der höchste Fluthwasserstand, der der zweiten stets nur wenig höher, als der niedrigste Ebbewasserstand des Meeres ist, trotzdem jene als Zuflußbehälter, diese als Abflußbehälter des Aufschlagwassers von stetig in Betrieb erhaltenen hydraulischen Kraftmaschinen benutzt wird.

Wie übrigens auch diese Verwerthung des Arbeitsvermögens von Ebbe und Fluth im Einzelnen geregelt und technisch durch-

geführt werden mag, jedenfalls entspricht sie den Grundsätzen rationeller Wirthschaft ebensowohl wie die Benutzung des Arbeitsvermögens von Flüssen und Bächen, insofern beide in unermesslich ergiebigen Quellen stetigen Ersatz finden: jene in dem gebundenen Arbeitsvermögen, das den relativen Lagen und gegenseitigen Anziehungskräften von Erde, Mond und Sonne, diese in dem freien Arbeitsvermögen, das der Sonnenwärme entspricht. Allerdings sind diese Quellen nicht unendlich ergiebig; die Sonne giebt ja ohne Zweifel durch ihre Strahlung mehr Arbeitsvermögen ab, als sie von anderen Weltkörpern zurück empfängt, und die Entfernungen der Sonne und namentlich des Mondes von der Erde müssen u. A. gerade durch die ausgedehntere Benutzung der Fluthwellen nothwendig um gewisse Größen vermindert werden. Allein die Rücksichtnahme auf diese kosmischen Zustandsänderungen hat doch ein allzusehr fern liegendes praktisches Interesse für die menschliche Gattung, die wohl gar nicht mehr bestehen oder wer weiß welche unberechenbare Entwicklung ihrer Natur und Bedürfnisse erfahren haben mag, wenn einst die Sonnenwärme um einen gewissen merklichen Betrag abgenommen und der Mond sich der Erde um eine gewisse merkliche Strecke genähert haben sollte. Die Frage nach den Aenderungen, denen solche kosmische Zustände in unermesslich langen Zeiträumen gemäß den uns bekannten Naturgesetzen voraussichtlich unterworfen sein werden und welche übrigens vom Eingriff des Menschengeschlechts nur zu verschwindend kleinem Theil abhängig sind, hat lediglich wissenschaftliches Interesse und kommt schließlich hinaus auf die Frage: ob die beständig stattfindenden Wandlungen des Arbeitsvermögens nicht nur genau der Größe nach, sondern im Ganzen auch der Form nach sich gegenseitig ausgleichen, oder ob diese Wandlungen vorwiegend

in einem gewissen Sinne erfolgen, so daß gewisse Formen des Arbeitsvermögens der Welt auf Kosten der übrigen nach und nach zunehmen und zugleich mehr und mehr in gewisser Art und Vertheilung an die Materie gebunden werden? Letztere Alternative ist, wie hier nur nebenbei bemerkt sein mag, diejenige, für welche die Naturwissenschaft sich aussprechen muß, wie es von Clausius in dem Satze geschah, daß die Entropie der Welt einem Maximum zustrebt, einem Satze, dessen Erklärung und Besprechung indessen außerhalb der Absicht dieses Vortrages liegt.

Beschränken wir uns auf die Betrachtung einer näher liegenden Zukunft, einer Zeit, in der die Kohlenflöße irgend eines Landes insoweit abgebaut sein mögen, daß das Bedürfnis sich fühlbar macht, die Verwendung des Restes auf solche, z. B. Heizungs- und metallurgische Feuerungszwecke, auf den Betrieb von Eisenbahnen und auf andere dergl. Zwecke zu beschränken, für welche die Kohle am schwierigsten durch andere Formen von Arbeitsvermögen ersetzbar zu sein scheint, d. i. einer Zeit, deren Entfernung durchaus nicht etwa mit kosmischem, sondern mit historisch-irdischem Zeitmaassstabe zu messen ist. Wenn dann zu solcher Zeit im Flachlande mit wenig abfallenden Flußbetten, unweit des Meeres, also mit nur mäßig nutzbarem Arbeitsvermögen seiner Flüsse, die anderweitige Beschaffung gewerblicher Betriebsarbeit für manche Fabrikationszweige eine Frage von erheblich praktischer Bedeutung wird, so würde doch das unter solchen Umständen an und für sich zunächst liegende Auskunftsmittel, die umfassendere Ausbeutung des Arbeitsvermögens von Ebbe und Fluth, nur sehr zögernd ergriffen werden, wenn es eine Verlegung der Fabriken an die Meeresküste nöthig machte mit Verlust der im Binnenlande längst vorhandenen Anlagen. Die Aufgabe vortheilhafter Gewinnung von gewerblicher Betriebsarbeit aus dem Arbeitsver-

mögen der Meeresfluthen wird deshalb wesentlich Hand in Hand gehen müssen mit einer anderen: mit der Aufgabe, dieses Arbeitsvermögen auf vortheilhafte Weise viele Meilen weit in das Innere des Landes fortzuleiten. Drathseiltransmissionen, wie bei den erwähnten schweizerischen Anlagen zu Schaffhausen und Freiburg, oder Uebertragungen durch stark gepreßtes Wasser oder durch komprimirte Luft in Röhrenleitungen würden theils der Kosten, theils der allzu bedeutenden Arbeitsverluste und verschiedener praktischer Uebelstände wegen wohl kaum mit Vortheil bei so ausgedehnten Leitungen angewendet werden können, wie sie z. B. nöthig wären, um Westfalen von der Nordseeküste aus mit Betriebsarbeit zu versorgen. Einfacher, billiger und mit weniger Verlust ohne Zweifel kann Arbeitsvermögen auf solche Entfernungen als elektrischer Strom geleitet werden in hinlänglich dicken isolirten metallenen Leitungen, und es ist wohl denkbar, daß dann die Zeit gekommen sein wird, diese bisher noch kaum zu technischen Arbeitszwecken benutzte Form des Arbeitsvermögens, den elektrischen Strom in ausgedehnterem Maße als Uebergangsform zu verwenden. Durch Maschinen, die im Princip schon heute bekannt sind und die nur constructiv dem technischen Bedürfniß entsprechend auszubilden wären, kann an der Küste das durch hydraulische Kraftmaschinen stetig gewonnene und durch sogenannte Accumulatoren aufgespeicherte Arbeitsvermögen daselbst in einen elektrischen Strom verwandelt, und können dann die diesem entnommenen Zweigströme an den einzelnen Verbrauchs-orten im Binnenlande wieder in Arbeit umgesezt werden. Zugleich wäre der elektrische Strom auch die Form von Arbeitsvermögen, aus welcher Wärme event. mit Licht am einfachsten erhalten werden könnte, wenn der Vorrath an Kohlen einst so weit erschöpft sein sollte, daß auch schon in dieser Hinsicht die Beschaffung eines Ersatzes Bedürfniß geworden wäre.

Immerhin würde auch die Leitung des Arbeitsvermögens als elektrischer Strom auf sehr weite Strecken mit erheblichen Kosten und Verlusten verbunden sein, letztere bedingt durch den Leitungswiderstand, der hier ebenso wie bei äußeren Bewegungen eine Umsehung von Arbeitsvermögen in die Form von Wärme vermittelt, in der es, an die Umgebung übergehend, für den vorliegenden Zweck verloren ist. Mit der gesteigerten Ausnutzung des Arbeitsvermögens theils des in Flußbetten fließenden, theils des als Fluthwelle periodisch gehobenen Wassers würde deshalb ohne Zweifel nach und nach doch eine Wanderung der Industrie theils nach dem Gebirge, theils nach der Küste hin verbunden sein, und müßte damit das Bedürfniß gesteigerter Transportmittel für Rohstoffe und Fabrikate im einen oder anderen Sinne nothwendig wachsen; denn dieses Bedürfniß ist natürlich um so größer, je weniger gleichförmig die verschiedenen Fabrikationszweige unter den Wohnsitzen der Menschen vertheilt, und je weiter sie durchschnittlich von den Gewinnungsorten der von ihnen verarbeiteten Rohstoffe entfernt sind. Sofern aber gerade bei dem Eisenbahnbetrieb am schwierigsten ein passender Ersatz für die Kohle zu finden, z. B. kaum vermuthungsweise ein solcher (abgesehen von dem stets kostbarer werdenden Holz) zu bezeichnen ist, wird wahrscheinlich mit steigendem Kohlenpreise auch die relative Vortheilhaftigkeit des Canaltransports für manche Gütergattungen wachsen, und ist es rathsam, darauf bei Zeiten Rücksicht zu nehmen. Wenn also z. B. für sehr industrielle Bezirke schon mehrfach die Frage ventilirt wurde, ob zur Befriedigung der gesteigerten Bedürfnisse des Güterverkehrs besondere Güterbahnen oder Canäle angelegt werden sollen, so kann ersteres mit Rücksicht auf die augenblicklichen Verhältnisse, letzteres aber mit Rücksicht auf eine fernere Zukunft vorzuziehen sein.

Uebrigens wäre es Vermessenheit, bestimmte Lösungen jener

die Menschheit dereinst ohne Zweifel sehr ernstlich beschäftigenden Aufgaben schon jetzt als die besten bezeichnen zu wollen. Können doch inzwischen die Fortschritte der Naturwissenschaften und der Technik viel wirksamere Hilfsmittel kennen gelehrt haben, die unserer jetzigen Vorstellung noch ganz fremd sind! In der That wollten diese Betrachtungen auch nur das Interesse für jene Fragen anregen und darauf hinweisen, wie wesentlich die kosmischen und irdischen Zustände, insbesondere auch die des Menschengeschlechtes in ihrer stetigen Entwicklung durch die unaufhörlichen Formverwandlungen des Arbeitsvermögens im Haushalte der Natur und der Gewerbe bedingt werden, wie fruchtbar überhaupt dieser Begriff des Arbeitsvermögens sich erweist als ein Band, welches, die verschiedensten Gruppen von Naturerscheinungen und von gewerblichen Thätigkeiten umfassend, sie mit einander vergleichbar macht, und so das mannigfache Getriebe der Welt in wesentlichen Beziehungen von einem einheitlichen Gesichtspunkt aus zu überblicken gestattet.