

Menschliche Arbeit und Einheit der Kraft.

Von

Serge Podolinsky.

I. Die Lehre von der Energie.

Wenn wir die Wichtigkeit der Theorie von der Einheit der Kraft, von der Beständigkeit der Energie*), anerkennen, sind wir ebenfalls gezwungen anzunehmen, daß nichts durch die Arbeit geschaffen werden kann und daß deren Ziel und deren Nützlichkeit nur in einer Umsetzung gewisser Mengen von Kräften bestehen. Auf welche Weise kommen diese Umsetzungen zustande? Welche sind die besten Mittel, die menschliche Arbeit zu verwenden, um einen größeren Bruchteil der Naturkräfte zur Befriedigung der Menschenbedürfnisse heranzuziehen? Wir wollen uns bemühen, im vorliegenden Aufsätze eine Antwort auf diese Fragen zu geben.

Wir wissen, daß die menschliche Arbeit in ihren Resultaten größere Mengen Energie anhäufen kann, als notwendig waren, um die Arbeitskraft der Arbeiter zu produzieren. Weshalb und auf welche Weise entsteht diese Anhäufung von Energie?

Um darauf zu antworten, müssen wir die allgemeine Verbreitung der Energie im Welttraume näher betrachten.

Die totale Energie, die ganze Summe der physischen Kräfte des Weltalls ist eine beständige Größe. Ganz anders aber steht es mit den Mengen der Energie in den verschiedenen Teilen des Universums. Einige Himmelskörper senden durch den Welttraum bedeutende Quantitäten verschiedener physischer Kräfte an andere Himmelskörper, was uns zu sagen erlaubt, daß die ersteren Körper, die Sonnen, die Energie in größerer Menge

besitzen, als die zweiten, die Planeten und ihre Satelliten. Letztere Himmelskörper erhalten ihre Energie von ihren nächsten Sonnen unter der Form von leuchtenden, warmen und chemisch wirksamen Strahlen. Ein solcher Kraftwechsel zwischen den Körpern, die mehr Energie besitzen und solchen, die weniger damit versehen sind, muß nach einer mehr oder weniger langen Zeit zu einem allgemeinen Gleichgewichte der Energie führen.

Dieses Gleichgewicht kann aber nicht anders als vermittels einer ganzen Reihe von Umgestaltungen der physischen Kräfte bewerkstelligt werden. Die Beobachtung lehrt uns, daß alle solche Umgestaltungen der physischen Kräfte von einer Tendenz (Bestreben) derselben, eine bestimmte Form, nämlich diejenige der einseitig im Welttraume verbreiteten Wärme, anzunehmen, begleitet werden. Diese letzte Form der Energie ist die beständige, die sich am schwierigsten umgestaltende, während alle anderen Formen der Energie: das Licht, die Elektrizität, die chemische Verwandtschaft u. s. w. sich öfters, wenigstens teilweise, im Laufe ihrer Umgestaltungen in Wärme verwandeln.

Auf diese Art geschieht eine beständige Umwandlung der Energie des Weltalls, indem dieselbe ihre weniger beständigen Formen einbüßt und andere mehr unveränderliche an deren Stelle annimmt. Folglich werden weitere Umgestaltungen der Energie allmählig immer schwieriger. Nach einer langen Reihe von Millionen von Jahren müßte also die ganze Energie eine beständige Form annehmen, nämlich diejenige von einseitig im Weltalle verbreiteter Wärme. Wenn es so weit kommt,

*) Energie nennt man die Fähigkeit der Kraftentfaltung.

wird jede Art mechanischer Bewegung, die unseren Gefühlen zugänglich wäre, folglich auch jede Art von Lebenserscheinungen, vollständig fehlen, denn ein Temperaturunterschied ist absolut notwendig, um die Wärme in irgend eine andere Kraft umzuwandeln. Diese Tendenz der Energie zu einem allgemeinen Gleichgewichte wird Disperſion (Zerſtreuung) der Energie, oder nach dem Vorgange von Clausius, Entropie benannt*). Letzterer Ausdruck bedeutet die Quantität der umgewandelten Energie, welche keiner rückführenden Umgestaltungen mehr fähig ist. Daraus folgen die zwei Sätze von Clausius: Die Energie des Weltalls ist beständig. Die Entropie des Weltalls hat die Tendenz, ein Maximum zu erreichen.

Also, im strengen mechanischen Sinne des Wortes ist die Energie des Weltalls freilich eine immer und absolut beständige Größe. Aber diese vollständig in Gleichgewicht gebrachte Energie wäre unfähig, alle diejenigen Erscheinungen in der unorganischen und in der organischen Welt hervorzurufen, welche wir jetzt beobachten, und die im Grunde nichts anderes als einen Ausdruck der verschiedenen Umgestaltungen der Energie vorstellen. Derjenige Teil der physischen Kräfte, welcher jetzt schon in einformig verbreitete Wärme verwandelt ist, stellt sozusagen ein Ueberbleibsel der Welttätigkeit dar, welches allmählig mehr und mehr anwächst.

In jeziger Zeit erhalten wir aber auf unserer Erde von der Sonne noch ungeheure Mengen physischer Kräfte, welche noch fähig sind, die verschiedensten Umgestaltungen zu erfahren, als deren Ausdruck alle physischen und biologischen**) Phänomene (Erscheinungen) erscheinen. Nach Secchi liefert jeder Quadratmeter Sonnenoberfläche 5 770 540 Kilogrammo-

meter oder 79 642 Pferdekraft Arbeit*). Einige Quadratmeter der Sonnenoberfläche würden genügen, um alle Maschinen, welche sich auf der Erde befinden, in Bewegung zu setzen. Die totale Arbeitskraft der Sonne wird auf 470 Quintillionen Pferdekraft geschätzt. Wenn wir die sehr verbreitete Theorie, welche als Quelle der Sonnenwärme die eigene Kondensation (Verdichtung) der Sonne hinstellt, annehmen, so finden wir, daß 18 257 Jahre notwendig wären, damit der scheinbare Durchmesser der Sonne um eine einzige Sekunde verkleinert werde und 3820 Jahre vergehen würden, ehe die Temperatur der Sonne um einen einzigen Grad fallen würde. Letzere Zahl wird keineswegs übertrieben erscheinen, wenn man bedenkt, daß die Sonnensubstanz sich wahrscheinlich fast vollständig in jenem Zustande chemischer Gleichgültigkeit, durch die hohe Temperatur bewirkt, befindet, welcher unter dem Namen der Dissociation bekannt ist**).

Wir sehen also, daß die Gefahr, eines Tages an unwandlungsfähigen Kräften auf der Erdoberfläche Mangel zu leiden, noch weit entfernt ist; zugleich aber bemerken wir bei näherer Beobachtung, daß die Verteilung dieser Kräfte nicht immer die vorteilhafteste für die Befriedigung der Bedürfnisse der organischen Welt im Allgemeinen und des Menschengeschlechtes im Besonderen ist. Wir glauben aber, daß es bis zu einem gewissen Grade in der Macht der Menschheit steht, Veränderungen in dieser Verteilung hervorzurufen, welche es ermöglichen, einen größeren Teil der Weltenergie zum Vorteil der Menschen zu benutzen.

In der Wirklichkeit aber befindet sich der größte Teil der physischen Kräfte auf der Erdoberfläche bei Weitem nicht in dem zur Befriedigung der Menschenbedürfnisse vorteilhaftesten Zustande.

*) Clausius, Théorie mécanique de la chaleur. T. I, p. 411. Paris, 1868.

**) Die Biologie ist die Lehre von den Lebewesen.

*) Secchi, le Soleil, II. p. 258. Paris, 1876.

**) H. Saint-Claire Deville, Leçons sur la dissociation. Paris, 1862.

Die Menschen brauchen vorzugsweise bedeutende Quantitäten von Nährstoffen, Brennmaterialien und mechanischen Arbeitskräften; die vorteilhaftesten Formen physischer Kräfte wären also: 1) Die mehr oder weniger freie chemische Verwandtschaft in der Form von Nährstoffen pflanzlichen oder tierischen Ursprungs oder in der Form von Brennmaterialien, und 2) die mechanische Bewegung, welche als Triebkraft für die zum Nutzen der Menschheit wirkenden Maschinen dienen könnte.

Wir sehen jedoch, daß unser Erdball an sich bloß wenig für die Menschheit in so vorteilhafte Formen gestaltete physische Kräfte liefert. Wenn wirklich das Innere der Erde sich noch im Zustande des Glühens befindet und sich dafolbst große Mengen dissociirter Elemente befinden, welche Dank der hohen Temperatur bedeutende Quantitäten möglicher Arbeit enthalten, benutzen wir doch dieselben nicht, sondern erfahren nur deren zerstörende Wirkungen zur Zeit der Erdbeben und Vulkanausbrüche. Uebrigens werden wir dennoch teilweise durch die ausnahmsweise Fruchtbarkeit des vulkanischen Bodens und durch die Erhöhung der Temperatur in der Nachbarschaft der Vulkane entschädigt. „Auf den Abhängen des Aetna“, sagt G. Nécius, „ist der Boden so fruchtbar, daß seine Produkte für eine Bevölkerung, welche diejenige des übrigen Sizilien und Italien um das drei- oder vierfache an Dichtigkeit übertrifft, genügen. Mehr als dreihunderttausend Einwohner haben sich um die Abhänge dieses Berges gruppiert, welchen man von Weitem für einen Ort des Schreckens und der immer drohenden Gefahr ansieht, und der sich auch wirklich von Zeit zu Zeit öffnet und die benachbarten Dörfer unter der glühenden Flut begräbt. Am Fuße des Vulkans aber berührt eine Stadt die andere und sie folgen sich wie die Perlen eines Halsbandes.“*)

Im Allgemeinen aber bestehen die oberflächlichen Schichten der Erdrinde aus chemischen Verbindungen, welche schon fast keine freie chemische Verwandtschaft und folglich fast keine potenzielle (mögliche) Bewegungskraft mehr besitzen. Das Gleiche beobachten wir auch inbetreff der Gewässer und der Atmosphäre, welche die Oberfläche unseres Erdballs umgeben, und mit welchen wir beständig in Berührung kommen. Alle Bewegungen der Luft und der Gewässer, Ebbe und Flut, die Bewegung der vom Winde erzeugten Wellen, die Strömung der Flüsse, die Kraft des fallenden Regens, selbst der Wind borgen ihre Kräfte von der Sonnenenergie oder sind durch die Anziehungskraft von Mond und Sonne verursacht. Die chemische Verwandtschaft, welche unter der Form von Steinkohle im Innern der Erde angehäuft ist, ist gleichfalls eine Wirkung der Sonnenwärme, ein Produkt der Strahlungen im Verlaufe von vielen Jahrtausenden. Selbst der freie Sauerstoff der Atmosphäre soll nach neueren geologischen Hypothesen vormalig in Verbindung mit dem Kohlenstoff der Steinkohle gewesen und bloß durch den Einfluß der Sonnenstrahlen vermittelst eines sehr reichen Pflanzenwuchses von demselben befreit worden sein*).

Alle diese Beispiele beweisen uns aufs Klarste, daß die strahlende Energie der Sonne fast die einzige Quelle aller den Menschen nützlichen Kräfte ist, welche sich auf der Erdoberfläche vorfinden.

Wir wissen aber, daß die Quantität der Energie, welche von der Sonne gegen unsere Erde ausgestrahlt wird, im gleichen Maße in den Weltraum zurückgeworfen würde, wenn diese Energie nicht gewisse Umwandlungen erlitte, welche ihr einen längeren Aufenthalt und selbst eine Anhäufung von Sonnenenergie auf der Erd-

Paris, 1875. Kilometrische Bevölkerung Italiens 94, der Aetnaregion 660.

*) Sturvy Hunt, Kongreß der Britischen Gesellschaft 1878.

*) G. Nécius, Géographie universelle. I. 588.

oberfläche gestattet. Das geschieht denn auch in der That jedesmal, wenn die Sonnenstrahlen, welche warm, leuchtend und chemisch wirksam zu uns ankommen, derartig von der Materie empfangen werden, daß sie sich in freie chemische Verwandtschaft oder in mechanische Bewegung umsetzen. In diesem letzten Falle wird ein Teil der strahlenden Sonnenenergie nicht mehr in den Weltraum, dem bekannten Kirchhoffschen Gesetze gemäß^{*)}, einfach zurückgeschleudert, sondern kann sich auf längere Zeit auf der Erdoberfläche anhäufen, indem die Energie solche Formen annimmt, welche sie zeitweilig vor der Ausstrahlung schützen. „Die Energie steigt im Grade“, drückt sich über diesen Vorgang der berühmte englische Physiker William Thomson aus. Als bestes Beispiel können folgende Worte von Secchi dienen: Die Sonnenstrahlen, indem sie auf Pflanzen fallen, werden von denselben nicht in dem Grade reflektiert, wie es geschieht, wenn dieselben dem Sande der Wüste oder nacktem Gestein begegnen. Sie werden in größerem Maß zurückgehalten und die mechanische Kraft ihrer Schwingungen wird verbraucht zur Verfeinerung von Verbindungen des Sauerstoffs mit Kohlen- und Wasserstoff, von gesättigten und beständigen Verbindungen, welche unter den Namen von Kohlenfäure und Wasser bekannt sind^{**)}.

Was geschieht aber dabei? Ein Teil der Sonnenwärme geht als solche unter. Sie wird von der Erdoberfläche aufgehalten, ohne deren Temperatur zu erhöhen, das heißt ohne deren Verluste zu vermehren. Bei gleichem Verlust erhält die Erdoberfläche mehr Energie, oder bei gleichem Erhalten verliert sie deren weniger. Wie wir auch dieses Vorgehen anschauen wollen, jedenfalls erhalten wir

unter dem Einflusse der Pflanzen eine Anhäufung der Energie, und zwar keiner verstrahlten Energie, wie es z. B. die Wärme, die Elektrizität und das Licht sind, sondern Energie höheren Grades, welche Jahrhunderte lang aufbewahrt werden kann und noch die Fähigkeit zu allen weiteren Umgestaltungen bewahrt hat. Also sind die Pflanzen auf der Erdoberfläche die ärgsten Feinde der Zerstreung der Energie in den Weltraum.

II. Die umwandlungsfähige Energie auf der Erdoberfläche.

Wir sehen also, daß die strahlende Energie der Sonne noch nicht ganz die Fähigkeit eingebüßt hat, auf der Erdoberfläche wieder höhere Formen anzunehmen. Jedoch die Art und Weise, in welcher dieser Vorgang geschieht, bewegt sich in ziemlich engen Grenzen. Vorzugsweise erfolgt dieser Uebergang auf folgende Arten:

- 1) Bei der Erzeugung des Windes, d. h. durch den Bewegungsanstoß, welchen die Luft durch die Temperaturveränderungen erhält.
- 2) Durch das Erheben des Wassers vermittelt der Verdunstung.
- 3) Durch die Verfeinerung beständiger Verbindungen, z. B. des Wassers, der Kohlenfäure, des Ammoniak während des Wachses der Pflanzen.
- 4) Durch die Muskel- und Nervenarbeit der Tiere und Menschen.
- 5) Durch die Arbeit der von den Menschen hergestellten Maschinen, die auf mittelbarem oder auch auf unmittelbarem Wege, wie die jetzt schon allgemein bekannte Sonnenmaschine des Hrn. Mouchot, die Sonnenwärme zur einzigen Triebkraft haben.

Freilich gibt es auch außerhalb dieser von uns aufgestellten Kategorien von Prozessen noch ungeheure Mengen von umwandlungsfähiger Energie auf unserer Erde, welche aber bisher von der Menschheit fast unbenutzt gelassen worden sind.

^{*)} Das Kirchhoffsche Gesetz lautet dahin, daß die Quantität der ausgestrahlten Wärme sich in direktem Verhältnis zum Temperaturunterschiede der Wärmequelle und des sie umgebenden Stoffes (Mediums) befindet.

^{**)} Secchi, Le Soleil. T. II, p. 200.

Den ersten Platz, ihrer Größe nach, nimmt freilich die Energie der Bewegung der Erde um die Sonne und um ihre eigene Achse ein. Beide Bewegungen sind Formen von noch sehr umwandlungsfähiger oder, nach Thomson, von hochgradiger Energie, wie es überhaupt alle mechanischen Bewegungen sind. Es gibt eine allbekannte Berechnung, nach welcher das plötzliche Stillstehen der Erde in ihrem Kreislauf um die Sonne sich in der Entwicklung einer Menge von Wärme ausdrücken würde, zu deren Hervorbringung das Verbrennen einer 14mal die Erdmasse übertreffenden Kohlenmenge notwendig wäre. Die Energie der Rotation (Umdrehung) um die Erdachse ist ebenfalls eine sehr bedeutende Größe. Beide Bewegungen bleiben aber beinahe ohne einen näher zu bestimmenden Einfluß auf die Verteilung der Energie auf der Erdoberfläche. Hinsichtlich der Rotationsenergie um die Achse ist dieser Schluß übrigens nicht ganz richtig, denn es ist bekannt, daß ein Teil dieser Energie sich in Wärme verwandelt unter dem Einflusse der Reibung gegen die beim Wechsel von Ebbe und Flut zurückbleibende Wassermasse. Die Temperatur des Wassers wird dadurch erhöht, während die Bewegung der Erde, obgleich sehr unbedeutend, verlangsamt wird*). Indem wir die Flut als bewegende Kraft für Maschinen, z. B. Mühlen, benutzen, halten wir das Wasser während seines höheren Standpunktes zur Zeit der Flut auf und benutzen während der Ebbe die Kraft des fallenden Wassers. Im Ganzen aber sind Flut und Ebbe als Motore noch ziemlich selten gebräuchlich.

Wir haben schon gesehen, daß die innere Wärme des Erdballs ebenfalls keine sehr bedeutende Rolle in der Dekonomie der Energie auf der Oberfläche spielt. Wenn man den Magnetismus als einen

Ausdruck der im Innern der Erde befindlichen Energie ansieht, so stellt derselbe freilich eine ziemlich bedeutende Kraftmenge dar, welche nicht zu verachten ist, weil sie während der Seefahrten und zur Verfertigung vieler wissenschaftlichen Apparate benutzt wird. Jedensfalls ist aber die absolute Kraftgröße des Erdmagnetismus keine sehr bemerkbare im Vergleich mit der auf der Erdoberfläche wirkenden Sonnenenergie.

Die heißen Quellen liefern uns eine obgleich nicht große, aber doch vorteilhaft anwendbare Quantität umwandlungsfähiger Energie. Ihre Wärme kann zu mancherlei technischen Zwecken benutzt werden, z. B. zur Heizung der Wohnungen, zur Speisebereitung u. s. w. Wir kennen noch keine Anwendung der Wärme der heißen Quellen als motorische Kraft; in einem geringen Grade freilich ist auch eine solche Anwendung derselben ganz gut möglich.

Freie chemische Verwandtschaft, außer der bereits besprochenen des Sauerstoffs der Atmosphäre, gibt es sehr wenig auf der Erdoberfläche. Im Innern gibt es zwar bedeutende Massen von Metallen und von Schwefel in freiem Zustande, aber die Wirkungen ihrer chemischen Energie spüren wir wenig auf der Oberfläche.

Indem wir uns nun zu den im Beginn des Kapitels aufgezählten Formen der umwandlungsfähigen Energie wenden, sehen wir, daß es eine sehr hochgradige, und im menschlichen Sinne des Wortes nützliche Form der Energie gibt, welche eine große Menge mechanischer Arbeit liefern kann, in der Bewegung der Luft oder im Winde. Es fällt uns jedoch nicht schwer, zu zeigen, daß die Bewegung der Luft nichts anderes, als ein Teil der in rückgängiger Umwandlung begriffenen Sonnenenergie ist. Um die lebendige Kraft des Windes hervorzurufen, muß die Sonne eine mehrmals größere Energiemenge liefern, von welcher ein bedeutender Teil in den Weltraum zerstreut wird.

*) Der erste Gedanke von einem solchen Einfluß der Flut gebührt Kant. Siehe seine Theorie des Himmls. Königsberg, 1785.

Es kann aber auch nicht anders geschehen, weil die Sonnenwärme, eine Energie niederen Grades, nach dem allgemeinen Zerstreungsgesetze, sich niemals vollständig in die mechanische Bewegung der Luft, eine Energie höheren Grades, verwandeln kann. Selbst derjenige Teil der Energie, welcher in Bewegung verwandelt wird, geht dabei in Zerstreung über, denn der Wind ist ja nichts anderes, als ein Resultat des Strebens nach Ausgleichung der Temperaturen.

Das von der Bewegungskraft des Windes Gesagte ist auf die Kraftäußerungen der Wasserströmungen und überhaupt des fallenden Wassers ebenfalls anwendbar. Indem das Wasser auf die Räder einer Wassermühle fällt, gibt dasselbe einen so hohen Bruchteil nützlicher Arbeit, wie ihn weder die Dampf- oder Elektromagnetmaschine noch die vorteilhafter eingerichteten Organismen der Lasttiere oder des Menschen liefern können. Dabei soll aber die ungeheure Masse Sonnenenergie, welche dazu gedient hatte, das Wasser mittelst der Verdunstung zu erheben, nicht vergessen werden.

Wir sehen hieraus, daß ungeachtet der bedeutenden Menge von Sonnenenergie, welche die Erdoberfläche erhält, dieselbe doch keineswegs reich an umwandlungsfähiger Energie wie z. B. mechanischer Bewegung oder freier chemischer Verwandtschaft ist. Selbst die Wärme findet sich nicht im Ueberflusse. Freie chemische Verwandtschaft in größerer Menge aufgeschäuft finden wir bloß in den Brennstoffmaterialien organischer Herkunft. Die Masse solcher ist freilich eine bedeutende. Nach annähernder Berechnung betragen die englischen Steinkohlenlager 190 000 000 000 Tonnen Kohle und die nordamerikanischen sogar 4 000 000 000 000 *). Diese ganze Menge aber, sowie alles andere organische Brennmaterial, z. B. Torf, Petrol u. s. w. ist durch den Einfluß der Sonnenenergie

aus den die Erdoberfläche in verschiedenen Zeiträumen bewohnenden Pflanzen gebildet worden. Man glaubt nämlich, daß die Pflanzen im Laufe der Jahrhunderte mit Hilfe der Sonnenstrahlen eine gesättigte und der freien chemischen Verwandtschaft beraubte Substanz, die Kohlenäure in Kohle, welche große Mengen solcher Energie enthält, umgewandelt haben. Zu gleicher Zeit wurde der Sauerstoff der Atmosphäre von dem mit ihm vorher verbundenen Kohlenstoffe befreit und seine chemische Verwandtschaftsenergie in den Stand gesetzt, das Leben der höheren Organismen, der Tiere und Menschen zu erhalten.

III. Energieansammlung.

Wir können unsere Beobachtung von dem Momente an beginnen, als die Erdoberfläche schon insoweit abgekühlt war, daß die Erdrinde einen bedeutenden Einfluß der inneren Wärme auf die Temperatur der Oberfläche verhinderte. Als die Abkühlung schon insoweit fortgeschritten war, daß das vorläufig dissociirte Wasser sich in Wasserdampf und der Wasserdampf zum großen Teile sich in flüssiges Wasser verwandeln konnte, welches, die bis dahin noch kondensirten Salze auflösend, in den Vertiefungen der Erdrinde die Ozeane bildete, waren die meisten chemischen Prozesse in der anorganischen Substanz der Erdrinde bereits beendet. Die chemische Verwandtschaft war schon ungefähr in gleichem Grade wie heutigen Tages gesättigt, wenn man die Prozesse des Pflanzenlebens außer Acht läßt. Wir glauben sogar, daß dank deren Einflusse die Sättigung der chemischen Verwandtschaft jetzt nicht einmal so weit geht, denn gemäß der oben erwähnten Hypothese war die ganze Kohlenmenge, die sich jetzt in den Erdschichten befindet, damals in Verbindung mit dem Sauerstoff der Atmosphäre. Wir wissen nämlich, daß die Pflanzen ihren Kohlenstoff aus der Kohlenäure der Atmosphäre beziehen und haben keinen Grund anzu-

*) Edinburgh Review 1860. Coal Fields of North America and Great-Britain p. 88 u. 89.

nehmen, daß sie in der Kohlenperiode anders getan hätten. Deswegen haben wir das Recht zu glauben, daß beim Beginne des organischen Lebens die Menge der ungesättigten chemischen Energie auf der Erdoberfläche eine unbedeutende war, der Einfluß der im Innern der Erde befindlichen umwandlungsfähigen Energie durch die allmähliche Verdickung der Erdrinde beständig abgeschwächt wurde. Freilich erhielt damals die Erde etwas mehr Energie von der Sonne als jetzt, aber die Zerstreuung derselben war auch viel bedeutender, denn die Erde war damals wärmer als jetzt und verstrahlte mehr Energie in den eisigen Weltraum. Die großen Mengen der von der Sonne erhaltenen Energie vermehrten bloß unbedeutend die Energie der Erde, weil die chemischen Sonnenstrahlen damals keine solchen Substanzen dabeilbst vorfanden, auf welche sie einen Einfluß hätten üben können, wie es jetzt z. B. mit Hilfe der Pflanzen geschieht, d. h. durch Zerstreuung ungesättigter Verbindungen. Das Gleiche geschah mit den Wärme- und Lichtstrahlen. Die Wärmestrahlen wurden bloß im gleichen Maße mit deren Zerstreuung aufgesogen und vermehrten nicht die Menge der umwandlungsfähigen Energie auf der Erdoberfläche. Mit Ausnahme der Bewegung der erwärmten Luft und des Wassers verwandelte sich die Sonnenenergie in keine anderen Formen auf der Oberfläche der Erde, wie es noch jetzt auf den pflanzenlosen Sandflächen der Saharawüste oder den Eiszshollen der Polargebiete geschieht. Wenn man die im Innern des Erdballs enthaltene Wärme nicht mit inbetracht zieht, so scheint die damals von der Sonne erhaltene Menge umwandlungsfähiger und auf der Erdoberfläche aufbewahrbarer Sonnenenergie weniger bedeutend als zu jetziger Zeit gewesen zu sein. Denn wenn wir die Steinkohlenschichten zur Erdoberfläche rechnen, wozu wir vollständig das Recht besitzen, angeichts der organischen Her-

kunft der Kohlenlager, so finden wir uns heute im Besitze von sehr bedeutenden Mengen umwandlungsfähiger Energie. Dieser Vorrat besteht einerseits aus der ungesättigten Verwandtschaft enormer Massen Kohlenstoffs, andererseits aus der freien Verwandtschaft des Sauerstoffs der Atmosphäre.

Wenn wir den Entwicklungsgang dieses Prozesses betrachten, so finden wir, daß die im Innern der Erde enthaltene Energie im Laufe der Zeit eine immer kleinere Rolle in der Bildung des Energiebudgets der Erdoberfläche spielt. Die Menge der von der Sonne erhaltenen Energie nimmt zwar langsam, aber beständig ab. Damit bei verminderter Zufuhr der Energie sich dennoch eine Anhäufung derselben auf der Erdoberfläche bilde, ist es unerlässlich, daß dabeilbst ein der Zerstreuung entgegengewirkender Prozeß zu Stande kommt. So geschieht es auch in der Wirklichkeit, denn ein Teil der von der Sonne erhaltenen Wärme wird in andere Formen der Energie, in chemische Verwandtschaft, mechanische Arbeit u. s. w., und zwar in immer größerem Maße umgewandelt.

In jetziger Zeit besitzt die Erdoberfläche in höherem Grade als früher die Eigenschaft, niedere Formen der Sonnenenergie (Wärme) in höhere (chemische Verwandtschaft, Bewegung) umzusetzen. Man muß eine richtige Vorstellung von einer solchen, dem Zerstreuungsprozeß entgegenwirkenden Umsetzung haben, um deren bedeutende Schwierigkeit anzuerkennen. Besonders gilt das inbetrreff der Umwandlung von Wärme in mechanische Leistung. Auch sind die Arten und Weisen, auf welche die Sonnenenergie in mechanische Bewegung verwandelt wird, gar nicht zahlreich.

Es ist leicht zu beweisen, daß die Menge der Sonnenenergie, welche in freie chemische Verwandtschaft oder in mechanische Arbeit verwandelt wird, nicht immer die gleiche ist, und daß dieselbe, unter

anderen Ursachen, auch durch die Wirksamkeit der Menschen beeinflusst werden kann. —

Man kann nämlich als unzweifelhaft annehmen, daß die Existenz der Pflanzen in höherem Grade als diejenige der Tiere die Eigenschaft besitzt, eine Anhäufung von Sonnenenergie auf der Erdoberfläche zu bewerkstelligen. Die Steinkohlenlager geben dafür einen schlagenden Beweis. Man sollte sogar anerkennen, daß trotz der neueren Theorien (Cf. Bernard u. A.) über die Einheit des Lebens in beiden Reichen die Tiere durch die Atmung und Bewegung eine große Menge ihrer Wärme verlieren, d. h. viel Sonnenenergie, welche durch die Pflanzen angehäuft worden war, in den Weltraum zerstreuen. Es ist freilich sehr schwer, das richtige Verhältnis beider Größen zu erforschen, gewiß ist aber, daß der Mensch durch gewisse, von seinem Willen abhängige Handlungen die Menge der angehäuften Energie des Pflanzenlebens vergrößern und die Menge der von den Tieren zerstreuten verkleinern kann.

Indem wir uns der Pflanzenkultur an solchen Orten hingeben, wo dieselbe noch nicht oder bloß in geringem Maße existierte, indem wir die Moräste trocken legen, die Wüsten bewässern, vervollkommnete Kultursysteme anwenden, Maschinen für den Ackerbau benutzen, indem wir endlich die Kulturpflanzen gegen ihre natürlichen Feinde beschützen, erreichen wir das erste von beiden angebotenen Zielen.

Durch die Vertreibung oder die Ausrottung der dem Pflanzenreichthum schädlichen Tiere arbeiten wir zugleich für das zweite Ziel. In beiden Fällen erhalten wir im Resultate eine absolute oder relative Vergrößerung der auf der Erdoberfläche zurückgehaltenen Sonnenenergie.

Wir haben hier vor uns zwei parallele Prozesse, welche zusammengenommen den sogenannten Kreislauf des Lebens bilden. Die Pflanzen besitzen die Eigenschaft

Sonnenenergie anzuhäufen, die Tiere aber, indem sie sich von Pflanzenstoffen nähren, verwandeln einen Teil dieser ersparten Energie in mechanische Arbeit und zerstreuen sie nachher in den Weltraum. Wenn die Menge der von den Pflanzen angehäuften Energie größer bleibt als diejenige der von den Tieren zerstreuten, so entsteht eine Vorratsansammlung der Energie, z. B. in der Periode der Steinkohlenbildung, in welcher augenscheinlich das Pflanzenleben ein bedeutendes Uebergewicht über das Tierleben besaß. Wenn im Gegenteil das Tierleben die Oberhand bekäme, so würde bald der angehäuften Energievorrat zerstreut werden und das Tierleben müßte in das von dem Pflanzenreichthum bestimmte Maß wieder zurücktreten. Auf diese Weise müßte sich also ein gewisser Gleichgewichtszustand zwischen der Anhäufung und der Zerstreuerung der Energie ausbilden. Das Energiebudget der Erdoberfläche wäre dann eine mehr oder minder stabile Größe, die Anhäufung der Energie aber fiel auf Null oder jedenfalls weit tiefer, als zur Zeit des Uebergewichtes des Pflanzenlebens.

Faktisch aber beobachten wir keinen solchen Stillstand des Energiebudgets auf der Erdoberfläche. Die Menge der angehäuften Energie ist auch jetzt noch meistens im Wachsen begriffen. Die Menge der Pflanzen, der Tiere, der Menschen ist jetzt unzweifelhaft bedeutender als vor Zeiten. Viele früher unfruchtbare Länderstriche sind jetzt bebaut und mit üppigem Pflanzenwuchs bedeckt. In fast allen zivilisirten Ländern sind die Ernten gewachsen. Die Zahl der Haustiere und besonders der Menschen hat sich wesentlich vergrößert. Wenn einige Länder ihre frühere Fruchtbarkeit und Einwohnerzahl eingebüßt haben, so hängt das von gar zu groben und augenscheinlichen Wirtschaftsfehlern ab; sonst aber ist das Gegenteil die Regel, und im Ganzen kann eine allgemeine Vergrößerung der Menge des Nährmaterials und überhaupt der umwandlungsfähigen

Energie auf der Erdoberfläche nicht mehr in Abrede gestellt werden.

Die wichtigste Ursache dieser allgemeinen Vergrößerung ist die von den Menschen und von den von ihnen benutzten Haustieren verrichtete Arbeit.

Einige Beispiele aus der Agrikulturstatistik Frankreichs werden uns die Richtigkeit dieses Satzes erläutern:

Frankreich besitzt gegenwärtig an neun Millionen Hektaren Wald, welche einen jährlichen Zuwachs von 35 000 000 Kubikmetern liefern, welche ungefähr 81 Millionen metrische Zentner trockenen Holzes enthalten. Jeder Hektar liefert also einen jährlichen Zuwachs von neun metrischen Zentnern oder 900 Kilogramm. Jedes Kilogramm trockener Zellulose enthält an 2550 Wärmeeinheiten (Kalorien), und folglich bildet die jährliche Anhäufung der Energie auf jedem Hektar Wald die Menge von $900 \times 2550 = 2\,295\,000$ Wärmeeinheiten.

Die natürlichen Wiesen bedecken in Frankreich eine Oberfläche von 4 200 000 Hektaren und produzieren durchschnittlich jedes Jahr 105 000 000 metrische Zentner Heu, d. h. 2500 Kilogramm auf jedem Hektar. Die Anhäufung der Sonnenenergie gleicht also $2500 \times 2550 = 6\,375\,000$ Wärmeeinheiten.

Wir sehen also, daß ohne Mitwirkung der Arbeit der Pflanzenwuchs selbst unter den günstigsten Bedingungen, wie sie sich im Walde oder auf der Wiese antreffen, eine Anhäufung von Sonnenenergie hervorbringt, welche die Menge von 2 295 000 bis 6 375 000 Wärmeeinheiten per Hektar nicht übertrifft.

Wo aber Arbeit angewendet wird, beobachten wir sogleich eine bedeutende Vergrößerung. Frankreich besitzt bereits 1 500 000 Hektaren künstlicher Wiesen, welche, den Wert der ausgesäeten Samen abgerechnet, durchschnittlich im Jahre 46 500 000 Meterzentner Heu liefern, d. h. 3100 Kilogramm auf jedem Hektar.

Folglich ist die jährliche Energieansammlung $3100 \times 2550 = 7\,905\,000$ Wärmeeinheiten per Hektar. Der Ueberschuß im Vergleiche mit der natürlichen Wiese gleicht also 1 530 000 Wärmeeinheiten, und dieser Ueberschuß ist einzig dem Einflusse der für die Einrichtung der künstlichen Wiese verbrauchten Arbeit zu verdanken. Die Menge dieser Arbeit für einen Hektar künstlicher Wiese ist ungefähr folgende: 50 Stunden der Arbeit eines Pferdes und 80 Stunden der Arbeit eines Menschen. Diese ganze Arbeit in Wärmeeinheiten ausgedrückt gleicht 37 450 Kalorien. Wir sehen also, daß jede Wärmeeinheit der zur Einrichtung künstlicher Wiesen verwendeten Arbeit einen Ueberschuß von Energieanhäufung bewirkt, welcher $1\,530\,000 : 37\,450 = 41$ Wärmeeinheiten gleich ist.

Das Gleiche beobachtet man auch bei der Kultur des Getreides. Frankreich baut auf etwas über 6 000 000 Hektaren Weizen, welche, die Saat abgerechnet, 60 000 000 Hektoliter Korn liefern; außerdem aber noch 120 000 000 M.-J. Stroh. Jeder Hektar gibt also 10 Hektoliter oder 800 Kilogramm Korn und 2000 Kilogramm Stroh. Die 800 Kilogramm Korn enthalten nach einer speziellen Berechnung der Zusammenfassung der Stärke, der Kleie u. s. w. ungefähr 3 000 000 Wärmeeinheiten, die zugleich mit den $2000 \times 2550 = 5\,100\,000$ im Stroh befindlichen die Summe von 8 100 000 Kalorien ausmachen.

Der Ueberschuß im Vergleich mit der natürlichen Wiese ist $8\,100\,000 - 6\,375\,000 = 1\,725\,000$ Wärmeeinheiten. Um dieselben zu erhalten, sind ungefähr hundert Stunden Pferdearbeit und 200 Stunden Menschenarbeit verbraucht worden, welche zusammen den Wert von 77 500 Kalorien besitzen. Folglich verursacht jede Wärmeeinheit in Form von Arbeit zur Weizenkultur verwendet eine Anhäufung von Sonnenenergie, welche $1\,725\,000 : 77\,500 = 22$ Wärmeeinheiten gleich ist.

Woher kommt denn dieser Ueberschuß von Energie, welcher zur Ausarbeitung dieser Masse Nähr- und Brennmaterials unentbehrlich ist? Darauf kann man bloß eine Antwort geben: Von der Arbeit des Menschen und der Haustiere. Was ist denn in einem solchen Fall die Arbeit? — Die Arbeit ist ein solcher Gebrauch der im Organismus angehäuften mechanischen und geistigen Energie, welcher eine Vergrößerung des allgemeinen Energiebudgets der Erdoberfläche zur Folge hat*).

Diese Vergrößerung kann entweder unmittelbar, durch Verwandlung neuer Quantitäten Sonnenenergie in umwandlungsfähigere Formen entstehen oder auch auf mittelbarem Wege durch den Schutz vor der Zerstreuung in den Weltraum, welche ohne Mitwirkung der Arbeit unausbleiblich eingetreten wäre. Zu letzterer Kategorie gehört z. B. die Arbeit des Schneiders, des Schuhmachers, der Bauleute u. dgl.

Es ist klar, daß bei einer solchen Auffassung nützliche Arbeit bloß den Menschen und einigen Tieren zugeschrieben werden kann, welche entweder wie die Haustiere vom Menschen geleitet werden oder welche, gleich den Ameisen, teils selbst arbeiten, teils sich der Züchtung und Aufzuehung von Haustieren aus eigenem Antriebe hingeben.

Die Bewegung der Luft, d. h. der Wind, kann niemals an und für sich als nützliche Arbeit gelten, denn sich selbst überlassen bringt der Wind durch die Zerstreuung seiner Energie keine neue Anhäufung derselben auf der Erdoberfläche hervor. Das Gleiche gilt auch für das fließende Wasser als Bewegungskraft.

Die Pflanzen, indem sie zwar tat-

sächlich die Energie in der Substanz ihrer eigenen Körper anhäufen, können dieselbe, in der Mehrzahl der Fälle, nicht selbstständig in Bewegung setzen, sie können ihr keine nützliche Anwendung, im Sinne einer allgemeinen Vergrößerung der Kraftmenge auf der Erdoberfläche, geben.

Die von Menschenhänden hergestellten Maschinen, sich selber überlassen, wenn auch längere Zeit in Bewegung bleibend, würden doch keine nützliche Arbeit mehr liefern, denn wir können uns jetzt noch keine solche künstliche Vorrichtung denken, welche die Fähigkeit besäße, ohne Mitwirkung der Muskelkraft des Menschen, eine fortschreitende Vermehrung der auf der Erde angehäuften Sonnenenergie herzustellen.

Endlich wird selbst die Nervenarbeit des Menschen nur dadurch zu wirklich nützlicher Arbeit für die Menschheit, daß sie zu irgend einer Muskelanstrengung führt. Denn wir kennen keine andere Art und Weise, durch Nervenarbeit ein unmittelbar nützlich Ziel, d. h. eine absolute oder relative Vergrößerung der im Menschenbereiche befindlichen Energie hervorzurufen*).

Indem wir zur Muskelarbeit der Tiere und der Menschen übergehen, fällt es uns ebenfalls nicht leicht, sicher die Grenzen der nützlichen Arbeit zu bestimmen. Wenn wir ein niederes Mitglied des Tierreichs unserer Beobachtung unterziehen, werden wir schwerlich wissen, welchen von seinen Funktionen der Name Arbeit beigelegt werden darf. Häufig wird Arbeit mit mechanischer Bewegung verwechselt; daher die Frage, ob das Geflatter eines Schmetterlings und das Kriechen einer Schnecke nicht ebenfalls Arbeit seien?

Von unserem Standpunkte aus können wir darauf getrost antworten: nein. Das Kriechen einer Schnecke und das Flattern eines Schmetterlings sind keine Arbeit,

*) S. 1. Statistique de la France 1874, 1875 und 1878. 2. Dictionnaire des arts et de l'agriculture de Ch. Laboulaye, 4. édition 1877. Articles Agriculture par Hervé Mangon, et Carbonisation. 3. Pelouze et Frémy, Traité de Chimie. 4. Gerzmann, Grundzüge der Physiologie, 5. Auflage, 1877.

*) Vergl. M. Marey, Du mouvement dans les fonctions de la vie. p. 205. Paris, 1868.

denn sie werden bloß von einer Zerstreuung der Energie, nicht aber von einer Anhäufung derselben begleitet. Aber, kann man uns erwidern, die Schnecke kriecht herum, um Futter zu finden, der Schmetterling flattert herum, um einen günstigen Ort zur Entwicklung seiner Raupen zu finden. Darauf aber sagen wir: die Natur kennt keine Ziele und zieht bloß aus den Resultaten ihre Rechnung. Das ganze Leben der Schnecke, all ihr Kriechen, Auffuchen der Nahrung, Verdauung der gefundenen Existenzmittel und die daraus gewonnene Fähigkeit zu neuen Bewegungen verwandeln nicht die geringste Menge Sonnenenergie in solche höhere Formen, welche bei ihrem weiteren Umsatze den Vorrat von Energie auf der Erdoberfläche vergrößern könnten. Eine Schnecke ist unfähig, sich dem Pflanzenbau hinzugeben, folglich kann sie auch nicht die Anhäufung der Sonnenenergie durch die Pflanzen vermehren. Man wird uns vielleicht erwidern, daß die Schnecke, wenn auch nicht durch ihr Leben, so doch durch ihren Tod den Pflanzenwuchs befördern könne. Denn eine Schnecke kann unter günstigen Verhältnissen, bei reichlicher Nahrung existierend, eine große Masse Pflanzenstoffe vernichten; muß sie im Gegenteil, im Falle einer Mißernte der ihr am zuträglichsten Pflanzenarten, Hunger leiden und zu Grunde gehen, so gibt sie auf diese Art den Pflanzen die Möglichkeit, sich in größerer Anzahl zu entwickeln und dadurch die Anhäufung der Energie zu vergrößern. Sicherlich ein sonderbarer Einwand, auf den uns die Antwort nicht schwer wird. Wenn wirklich durch den Untergang der Schnecken der Pflanzenwuchs irgend welcher Verträglichkeit an Neppigkeit zunimmt, so ist es sehr wahrscheinlich, daß auch die Anzahl der Feinde dieses Pflanzenwuchses größer wird. Die Schnecke ist nach ihrem Untergange nicht imstande, die früher von ihr ausgenutzten Pflanzen vor deren neuen

Feinden zu bewahren und deshalb bleibt der Energie-Umsatz wahrscheinlich der gleiche, wie er auch vormals war.

Dann aber soll man nicht vergessen, daß unter dem Worte „Arbeit“ eine „positive Handlung“ des Organismus verstanden werden muß, welche eine Anhäufung von Energie zur notwendigen Folge hat. Deshalb kann auch die „passive Tatsache“ des Unterganges im Lebenskampfe niemals in die Kategorie der Arbeit hingehören.

Wir haben dieses Beispiel, das wohl Manchem sonderbar erscheinen kann, deshalb angeführt, um gleich vom Anfange der Frage von der Energieersparung ihre richtige Stelle anzuweisen. Es könnte tatsächlich scheinen, daß die Schnecke oder die Raupe durch ihren Untergang den Pflanzenwuchs fördern, schon dadurch, daß sie keine Pflanzenstoffe mehr vernichten. Man sagt doch von einem Kapitalisten, daß er spart, wenn er sein ganzes Einkommen nicht verzehrt. So eben haben wir aber versucht zu zeigen, daß eine Schnecke niemals nützliche Arbeit liefern kann, weil sie nie die Anhäufung der Energie durch ihre Tätigkeit vergrößert. Das Gleiche gilt auch vom sparenden Menschen.

Wir hoffen, daß es uns gelungen ist, die Lehre von der Ersparung oder, so zu sagen, von der negativen Arbeit dadurch zu untergraben. Denn die Arbeit ist immer ein positiver Begriff, welcher in einer solchen Ausgabe mechanischer oder physischer Energie besteht, die eine Vermehrung der Energieanhäufung zum Endresultat hat.

Von diesem Standpunkte aus dürfen wir schließen, daß die verschiedenen Bewegungen der Tiere, welche augenscheinlich ziellos sind oder bloß das Auffuchen von Nahrungsmitteln u. s. w. zum Ziele haben, nicht als Arbeit gerechnet werden können, weil sie eben keine Vergrößerung der Energieanhäufung hinterlassen. So ist z. B. die Tätigkeit der Spinne, die

mühevoll ihr Nez wirkt, und diejenige des Ameisenlöwen, trotz aller seiner Ingenieurkenntnisse, doch bei weitem noch keine nützliche Arbeit.

Im strengen Sinne des Wortes ist es bloß der Ackerbau des Menschen, an welchem die Wichtigkeit unserer Bestimmung der Arbeit klar zu Tage tritt. Denn tatsächlich produziert ein Hektar in einer wilden Steppe oder in einem Urwalde, ohne Mitwirkung des Menschen, jährlich bloß eine bestimmte Menge Nahrungsstoffe, aber die Anwendung der menschlichen Arbeit kann diese Menge aufs zehnfache oder zwanzigfache erhöhen. Freilich schafft der Mensch weder Stoff, noch Energie. Der Stoff war schon in seiner Totalität im Boden, in der Saat und in der Atmosphäre enthalten; die ganze Energie wurde von der Sonne geliefert. Dank der Mitwirkung der Arbeit des Menschen aber konnte ein Hektar Boden in dem ihn bedeckenden Pflanzenwuchse vielleicht die

zehnfache Menge Energie anhäufen, als er ohne deren Mitwirkung angehäuft hätte. Man darf dabei nicht glauben, daß diese ganze Energie schon vorher im Boden angesammelt war und bloß durch die Menschenarbeit in größerem Maße zerstreut wurde. Das wäre nicht richtig, denn der Ackerbau entkräftet nur dann den Boden, wenn er unrationell, d. h. verschwenderisch geführt wird. Im Gegenteil, eine vervollkommnete Feldwirtschaft gibt die besten Ernten gerade in den Ländern, wo der Ackerbau schon am längsten blüht, z. B. in England, Frankreich, Belgien, in der Lombardei, in Ägypten, China, Japan u. s. w. Deshalb glauben wir Recht zu haben, indem wir sagen, daß der wissenschaftlich geregelte Ackerbau als eins der besten Beispiele wirklich nützlicher Arbeit, das heißt solcher Arbeit, welche die Menge der Sonnenenergie auf der Erdoberfläche vermehrt, gerechnet werden kann. (Schluß folgt.)

Die Lage des Landvolkes in Schottland.

Von

J. S. Kretschky.

Die Lage der ländlichen Bevölkerung des Westens und der Hochlande Schottlands grenzt sehr nahe an den Hungertod (starvation). Tausende sind gänzlich auf die Mildtätigkeit angewiesen. Ohne diese wäre schon längst ein bedeutender Bruchteil der Bevölkerung zugrunde gegangen. Es ist wahr, an dieser entsetzlichen Lage tragen auch die letzten Mißjahre einige Schuld, allein die Haupt- und Grundursache liegt tiefer. Wir wollen versuchen, dieselbe so kurz als möglich darzulegen.

Das alte Feudalsystem wurde in Schottland aufrechterhalten, nachdem es

in England schon lange aufgehört hatte zu bestehen. Neben dem Feudalsystem erhielt sich in den Hochlanden und dem Westen des Landes noch die uralte Klanverfassung. Noch im Anfang des vorigen Jahrhunderts konnte der Herzog von Athol mit seinen 6000 Lehensleuten (retainers) ins Feld ziehen; der Herzog von Argyle mit 4000, der Earl (Graf) von Breadalbane mit 2000 u. s. w. Das Feudalsystem war da zu seiner höchsten Ausbildung gelangt. In gleicher Weise konnten auch die Klanhäuptlinge, wenn notwendig, beträchtliche Menschenmassen aufbringen. So konnte z. B. der Häupt-