

II. Wissenschaftlicher Teil.

„Über den auf der Naturforscherversammlung in Lübeck hervorgetretenen Gegensatz zwischen der kinetischen und energetischen Behandlungsweise physikalischer Probleme“.

Unter der „kinetischen“ Richtung in der Physik ist diejenige Auffassungsweise zu verstehen, welche als letztes Ziel für die Erklärung der Naturerscheinungen anstrebt, alles zurückzuführen auf die Bewegungen der kleinsten Teile, so dass jede Veränderung dargestellt wird als die notwendige Folge aus dem mechanischen Zusammenhang dieser Teile. In diesem Sinne ist es eine Hauptaufgabe der Kinetik, die mathematische Darstellungsweise irgend einer Erscheinung so zu formulieren, dass sie sich anschliesst an die Grundgleichungen der Mechanik.

Als Grundgleichungen der Mechanik können hierbei angenommen werden die *Lagrange'schen* Gleichungen:

$$\begin{aligned} m \frac{d^2 x}{dt^2} &= X & \text{oder in bekannter Schreibweise: } m \ddot{x} &= X \\ m \frac{d^2 y}{dt^2} &= Y & m \ddot{y} &= Y \\ m \frac{d^2 z}{dt^2} &= Z & m \ddot{z} &= Z \end{aligned}$$

Hieraus wird gewonnen durch Summierung:

$$\sum (X - m \ddot{x}) \delta x + \sum (Y - m \ddot{y}) \delta y + \sum (Z - m \ddot{z}) \delta z = 0$$

oder

$$X \delta x + Y \delta y + Z \delta z = m \ddot{x} \delta x + m \ddot{y} \delta y + m \ddot{z} \delta z$$

Unter Zuhilfenahme der Beziehung

$$\ddot{x} \delta x = \frac{d}{dt} (\dot{x} \delta x) - \dot{x} \delta \dot{x}$$

wird erhalten

$$\frac{1}{2} \delta \sum m (\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2) + X \delta x + Y \delta y + Z \delta z = \frac{d}{dt} \sum m (\dot{x} \delta x + \dot{y} \delta y + \dot{z} \delta z)$$

Bedeutet T die kinetische und V die potentielle Energie, so ergibt sich das Integral

$$\delta \int_{t_0}^t (T - V) - \sum m (\dot{x} \delta x + \dot{y} \delta y + \dot{z} \delta z) \dots \dots \dots 1.)$$

Im allgemeinen sind nun die Bewegungen der kleinsten Teile eines Körpers nicht von einander unabhängig, sondern durch einander beeinflusst; mathematisch gesprochen heisst das, es bestehen Gleichungen zwischen den Coordinaten der Teile. Durch diese Gleichungen können wir die Coordinaten durch eine geringere Zahl von «Parametern» ersetzen. Denken wir uns eine derartige Substitution ausgeführt, so würde danach jedenfalls, wie eine einfache mathematische Überlegung zeigt, die Gleichung 1. der Form nach bestehen bleiben, d. h. wenn die Parameter durch p bezeichnet werden, ist:

$$\delta \int_{t_0}^t (T - V) = \sum \dot{p} \delta p$$

und insbesondere ist auch jetzt T immer eine homogene quadratische Funktion der Parameter. Aus dieser Gleichung folgt die andere:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\delta T}{\delta \dot{p}} \right) - \frac{\delta T}{\delta p} = \frac{\delta V}{\delta p} + P$$

Hierin würde mit P definiert sein eine Grösse, welche man nach Analogie zu den X, Y, Z nennen könnte die Kraft, welche den Parameter p zu ändern strebt; T und V haben ihre Bedeutung beibehalten.

Sollen diese Gleichungen auf die Physik angewendet werden, so können 3 Gruppen von Parametern unterschieden werden.

1. Die „geometrischen“ zur Darstellung sichtbarer Bewegungen, sie mögen mit $x_1, x_2, x_3, x_4 \dots$ bezeichnet werden.
2. „Cyclische“, $y_1, y_2 \dots$, dadurch charakterisiert, dass sie nur mit ihren Differentialquotienten \dot{y} im Ausdruck für T vorkommen. Durch diese werden solche in sich zurücklaufende Bewegungen dargestellt, welche nur durch die Geschwindigkeit der herrschenden Bewegung, nicht durch die augenblickliche Lage der Teile auf die Erscheinungen von Einfluss sind. Vergl. die Erscheinungen am Kreisel (Nutation).
3. Thermische, $z_1, z_2 \dots$. Solche Parameter, die in ihren Einzelwerten ganz ohne Einfluss auf die Erscheinungen sind (z. B. die einzelnen Geschwindigkeiten der Gasmoleküle), von denen jedoch der Energiewert der Bewegung als Ganzes eine messbare Grösse ist.

Nach Einführung dieser drei Gruppen von Parametern bekommt der Ausdruck für T eine übersichtliche Form, in welcher noch durch Vergleich mit der Erfahrung eine Reihe von Gliedern unterdrückt werden können, weil ihnen nach allen bisherigen Erfahrungen nichts entsprechendes nachgewiesen werden kann. Damit ist dann der allgemeinste Ausdruck für T festgelegt, und es ist nur noch möglich, dass mit Hilfe der so spezialisierten Parameter noch nicht alle Naturerscheinungen sich wiedergeben lassen; dadurch entsteht die Berechtigung, dem Ausdrucke für T noch ein ganz allgemeines Restglied hinzuzufügen, über dessen Parameter sich gar keine spezielle Eigenschaft angeben lässt.

Der Vergleich mit den Naturvorgängen lehrt nun, dass man für die bisherigen Beobachtungen sehr gut eine mechanische Erklärung geben kann, wenn man die Hypothese macht, dass

alle rein mechanischen Prozesse darstellbar sind durch
Parameter von der Form x ,
alle rein elektrischen Prozesse darstellbar sind durch
Parameter von der Form y ,
alle rein thermischen Prozesse darstellbar sind durch
Parameter von der Form z .

Die dann noch unerklärt gebliebenen Vorgänge sind die chemischen, und diese werden in dem Restglied zusammengefasst. In der That beschränkt sich auch jede chemische Messung auf die Bestimmung des Energiewertes der chemischen Umsetzung, die dadurch ausgeführt wird, dass die Änderung der Summe der drei anderen Energieformen in Wahrheit gemessen wird, und diese Änderung entgegengesetzt gleich gesetzt wird der chemischen Energie.

Diese Art, die Naturerscheinungen zurückzuführen auf die Grundgleichungen der Mechanik, heisst die mechanische Erklärungsweise, da hierbei wenigstens der Idee nach alles auf Bewegungen der kleinsten Teile zurückgeführt wird, kann sie auch die »kinetische« genannt werden. Die Weiterentwicklung dieser Richtung muss sich nach zwei Seiten erstrecken.

Erstens: Vorwärts, auf die Vorausberechnung neuer Thatsachen aus der Anwendung der Grundgleichungen ohne neue Hypothesen als der einen der Anwendbarkeit dieser Gleichungen überhaupt.

Zweitens: Rückwärts; da die mechanische Idee zu Grunde liegt, entsteht das Postulat, die durch Parameter symbolisch bezeichneten Bewegungen wirklich aufzufinden. (Vorstufe durch Analogie, mechanische Illustrationen, Ausführung durch bestimmte Hypothesen).

Als Einwände gegen diese Richtung ist von *Ostwald* die Behauptung aufgestellt, dass hierbei nicht unkehrbare Prozesse nicht darstellbar wären; dieser Einwand ist gänzlich unhaltbar, da er auf falschem Verständnis der Bedeutung und der Anwendbarkeit der allgemeinen mechanischen Gleichungen beruht, siehe auch *Boltzmann* und *Planck*, Wied. Ann. 1896.

Zulässig ist der Einwand, dass die Grundgleichungen der Mechanik nicht mit hinreichender logischer Schärfe abgeleitet sind. Dieser Einwand ist wohl am klarsten besprochen in der Einleitung, die *Hertz* zu seinen Prinzipien der Mechanik gegeben hat. Mit der Lösung, die derselbe sodann selbst für die Ableitung dieser Grundgleichungen giebt, dürfte auch dieser Einwand hinfällig geworden sein.

Zu dieser kinetischen Richtung in der Physik hat sich neuerdings die „moderne Energetik“ in einen schroffen Gegensatz gesetzt. Dieselbe geht von der Annahme aus, dass alle Zurückführung der Naturvorgänge auf mechanische Bewegungsvorgänge doch immer nur ein sehr unvollkommenes Bild von der Wahrheit giebt, ein Bild, dass sich durch neue Erfahrung immer wieder als fehlerhaft erweist und durch ein anderes ersetzt werden muss. Deshalb sagt denn auch *Ostwald*, der der Führer dieser Richtung ist: „Du sollst Dir kein Bildnis oder irgend ein Gleichnis machen. Unsere Aufgabe ist nicht, die Welt in immer mehr oder weniger getrübttem oder gekrümmtem Spiegel zu sehen, sondern so unmittelbar, als es die Beschaffenheit unseres Geistes nur irgend erlauben will. Realitäten, aufweisbare und messbare Grössen mit einander in bestimmte Beziehung zu setzen, so dass, wenn die einen gegeben sind, die andern gefolgert werden können, das ist die Aufgabe der Wissenschaft, und sie kann nicht durch die Unterlegung irgend eines hypothetischen Bildes, sondern nur durch den Nachweis gegenseitiger Abhängigkeitsbeziehungen messbarer Grössen gelöst werden.“

Hiernach will also die Energetik offenbar nur jene Richtung nach vorwärts verfolgen, und hat nicht wie die Kinetik zwei Seiten der Weiterentwicklung. Damit sie aber einen festen Ausgangspunkt für ihre Schlüsse habe, bedarf auch sie gewisser Grundgesetze, die jenen mechanischen Grundgleichungen ihrem wesentlichen Inhalte nach entsprechen müssen; die Wahrheit dieser Sätze muss sich als durch die Erfahrung erwiesen hinstellen lassen. Als solche Grundgesetze dienen der Energetik

das Gesetz von der Erhaltung der Energie und der zweite Hauptsatz der Wärmetheorie; letzterer allerdings in veränderter Form. Um jedoch diese Sätze nutzbar verwenden zu können, bedarf auch die Energetik scharfer Definitionen der Grössen, von welchen die Grundgesetze bestimmte Aussagen enthalten sollen. Um zu diesen zu gelangen, entnimmt die Energetik ihre Definitionen der elementaren Mechanik und erweitert dieselben durch Analogie auf die anderen Gebiete. So werden die Begriffe des Kapazitäts- und Intensitätsfaktors der Energie geschaffen, welche für die weitere Formulierung der Sätze wesentliche Erleichterungen bieten. Auf demselben Wege werden auch die Prinzipien für das Rechnen mit diesen Grössen gefunden, wie z. B. die Sätze

«Wenn ein Gebilde, welches verschiedene Arten der Energie enthält, im Gleichgewicht oder stationär sein soll, so muss bei einer mit den Bedingungen des Gebildes verträglichen Änderung die Summe der verlorenen und gewonnenen Energien gleich Null sein. und: Von allen möglichen Energieumwandlungen wird diejenige eintreten, welche in gegebener Zeit den grösstmöglichen Umsatz ergibt».

ebenso: «Damit etwas geschieht, ist es notwendig und zureichend, dass nicht kompensierte Intensitätsdifferenzen der Energie vorhanden sind».

Die so gefundenen allgemeinen Gesetzmässigkeiten zwischen den Energiegrössen sind nun inhaltlich mehr oder weniger identisch mit dem Inhalte der allgemeinen Grundgleichungen der Mechanik, wie die Kinetik dieselben benutzt, und daher kommt es, dass beide Richtungen in der Anwendung zu gleichen Resultaten gelangen können.

Der Haupteinwand, der gegen diese Energetik erhoben werden kann, ist nun:

Der geringe Grad der Gewissheit, der dieser ganzen Art des Aufbaues physikalischer Schlüsse innewohnt, da

alles nur gestützt ist auf zum Teil recht unvollkommene Erfahrungen und unvollständige Analogien.

Dieser Einwand würde weniger in das Gewicht fallen, wenn sich jene allgemeinen Analogien zu den Grundgleichungen der Mechanik mit grösserer Schärfe würden ableiten lassen; wenn sich also die Prinzipien der Mechanik von den Gesichtspunkten der Energetik direkt würden gewinnen lassen.

Ob dies möglich sein wird, ist gegenwärtig noch eine offene Frage, *Hertz* hat dieselbe zu lösen versucht, glaubte jedoch prinzipielle Hindernisse für die Lösung zu finden. Sollte sich jedoch trotzdem diese Aufgabe hinreichend lösen lassen, so könnten beide Richtungen wahrscheinlich praktisch identisch gemacht werden, da dann beide wesentlich mit den gleichen Formeln arbeiten. Der Unterschied würde dann nur in der verschiedenen Auffassung bestehen, und die könnte jedem überlassen bleiben.

Wenn dann aber auch in allen physikalischen Untersuchungen beide Richtungen wesentlich zusammengehen können, so scheinen sie doch in ihren Endzielen auf unvereinbare Gegensätze hinauszulaufen, denn sobald es sich um die Behandlung der organischen Natur handelt, so würde es der Schlussweise der Energetik durchaus nur entsprechen, wenn hier zur Erklärung der Begriff einer organischen Energie eingeführt wird. Hierhin würde die Kinetik jedoch niemals folgen können, da bei ihr stets die mathematisch vollständige Definition der Anwendung eines Begriffes vorangehen muss. Die mathematisch genügende Definition eines Organismus dürfte aber wohl stets in sich schliessen, dass im lebenden Wesen einer unendlichen Vielheit von Bedingungen gleichzeitig genügt sein muss, derart, dass auf jede Einwirkung von aussen von dem Lebewesen eine Reaktion in dem Sinne erfolgt, die die Erhaltung des Lebewesens als solches am besten sicher stellt. Scheint so vielleicht eine mathematische Definition denkbar, so liegt in ihr zugleich die Unmöglichkeit

der Verwendbarkeit dieses Begriffes zu physikalischen Schlüssen, wegen der im Begriff enthaltenen Unendlichkeit.

Demnach wird die Kinetik vor dem Rätsel des Lebens stets als etwas Höherem stehen bleiben, während die Energetik eine solche Schranke sich durch sich selbst nicht setzt und dadurch den Anspruch grösserer Allgemeinheit gegenüber der bescheideneren Kinetik erheben mag.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins in Hamburg](#)

Jahr/Year: 1896

Band/Volume: [3](#)

Autor(en)/Author(s): diverse

Artikel/Article: [II. Wissenschaftlicher Teil. "Über den auf der Naturforscherversammlung in Lübeck hervorgetretenen Gegensatz zwischen der kinetischen und energetischen Behandlungsweise physikalischer Probleme" 1-8](#)