Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Bern
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Bern
Band: - (1897)
Heft: 1436-1450

Artikel: Energetische Anschauungen
Autor: Gruner, P.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-319096

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

P. Gruner.

Eingereicht im Januar 1898.

Energetische Anschauungen.

Immer noch bildet die Energetik ein viel bestrittenes Gebiet der Physik. Die Kritiken dieser neuen Theorie haben sich in letzter Zeit so sehr gemehrt, dass es wohl der Mühe werth ist nochmals darauf zurückzukommen. — Am besten ist die Stellung der mechanistischen Atomistik zur Energetik im neu erschienenen Werk von Herrn Prof. *Boltzmann* über «die Prinzipe der Mechanik» (Leipzig 1897) dargestellt. — Aber gerade aus dieser durchaus klaren und sachlichen Beurtheilung geht hervor, dass bei allen diesen Kritiken der Energetik ein fundamentaler Punkt nicht in Betracht gezogen wird, nämlich die metaphysische Bedeutung der ganzen Streitfrage.

Es mag seltsam scheinen, dass eine physikalische Theorie die Metaphysik zu ihrer Stütze macht. Hr. Boltzmann hebt übrigens auch hervor (p. 4. a. o. O), dass metaphysische Gründe hier nicht in Betracht zu ziehen seien. Allerdings darf niemals zur Beurtheilung irgend eines thatsächlichen Verhältnisses eine metaphysische Spekulation massgebend sein. Aber im Streit zwischen Mechanistik und Energetik handelt es sich doch nicht um solche thatsächliche Verhältnisse; es handelt sich nicht darum, reine Thatsachen zu sondern und zu scheiden sondern lediglich um die Zusammenfassung einer Reihe von Thatsachen unter einen einheitlichen Gesichtspunkt; und eine solche Zusammenfassung hat immer einen hypothetischen oder spekulativen Charakter; desshalb werden bei derartigen Theorien metaphysische Einflüsse nicht nur mitspielen, sondern geradezu ausschlaggebend sein. Dass wir in dieser Ansicht nicht allein stehen, lehrt folgendes Citat aus *Hertz*: «Prinzipien der Mechanik» (Leipzig 1894) p. 27... «die *gewöhnliche* Antwort (auf Voraussetzungen metaphysischen Ur-

sprungs) ist, dass die Physik darauf verzichtet habe und es nicht mehr als Pflicht anerkenne, den Ansprüchen der Metaphysik gerecht zu werden. Sie lege kein Gewicht mehr auf die Gründe, welche von metaphysischer Seite einst zu Gunsten der Prinzipien vorgebracht worden seien, welche einen Zweck in der Natur andeuten»..... Darauf aber fährt *Hertz* weiter: «*Kein Bedenken, welches überhaupt Eindruck auf unsern Geist macht, kann dadurch erledigt werden, dass es als metaphysisch bezeichnet wird; jeder denkende Geist hat als solcher Bedürfnisse, welche der Naturforscher metaphysische zu nennen gewohnt ist.* In Uebereinstimmung mit *Hertz* dürfen wir also ausdrücklich hervorheben, dass bei solch' prinzipiellen Fragen, wie sie von der Energetik aufgeworfen worden sind, die metaphysische Begründung nicht ohne weiteres übergangen werden darf.

In der That liegt in dieser Nicht-Beachtung der metaphysischen Gründe seitens der Gegner der Energetik wohl die Hauptursache, wesshalb die zahlreichen Diskussionen zu keinem rechten Resultat zu führen scheinen. Dies mag in folgender Weise erläutert werden:

Man ist sich heutzutage allgemein darüber einig, dass unsere Gedanken über die Natur blosse Bilder oder Zeichen der wahren Objekte selber sind. Auch darüber herrscht wohl überall Klarheit, dass jegliche naturwissenschaftliche Theorie nur dazu dienen soll, diese Einzel-Bilder zu einem mehr oder weniger einheitlichen Gesammtbilde zu vereinigen. Die mechanistische Atomistik und die Energetik liefern 2 solche Gesammtbilder. Das erstere stellt uns die Welt dar durch ein grosses System sog. materieller Punkte, die auf einander Fernewirkungen ausüben. Diese Wirkungen und die daraus resultirenden Bewegungen sollen die Gesammtheit der Naturerscheinungen darstellen. Die Energetik stellt uns die Welt dar als ein grosses System von raumerfüllender sog. Energie, deren Gesammtsumme konstant bleibt, die aber in steten Transformationen begriffen ist. Die Empfindungen dieser Transformationen durch unsere Sinne bilden in ihrer Gesammtheit die Wahrnehmung der uns umgebenden Natur.

Beide Theorien haben ihren metaphysisch-hypothetischen Charakter: was ein materieller Punkt und eine Fernekraft sei, wissen wir so wenig, als worin das Wesen der Energie und ihrer Transformationen bestehe.

Zwischen diesen beiden Bildern gilt es zu entscheiden. Da frägt es sich denn, wonach man entscheiden wolle, ob nach der Verwend-

barkeit der Bilder oder nach irgend einem metaphysischen Grunde. Prof. *Boltzmann* geht den erstern Weg und kommt dadurch zum Resultat, dass die Atomistik der Energetik weitaus vorzuziehen sei. Natürlich! Denn die Atomistik ist seit Jahrhunderten stets ausgebaut worden und hat erst noch im Werke von Prof. *Boltzmann* eine mustergültige Darstellung erhalten. Die Energetik steht noch unentwickelt da und kann sich in keiner Weise mit der Atomistik messen. — In der That: so lange die Energetik nicht wenigstens eben so klar und hypothesenfrei dasteht, wie die Mechanistik, so lange darf erstere nicht *definitiv* als mit letzterer gleichberechtigt angesehen werden.

Aber es gibt eben noch eine ganz andere Beurtheilungsweise. Wenn eine neue Theorie auftritt, so kann sie sich nicht sofort mit der alten, längst entwickelten direkt messen. Hier wirken die metaphysischen Gründe mit. Dass diese immer eine Hauptrolle bei neuen Theorien spielen ist bekannt. Es sind hauptsächlich spekulative Gründe, die *Faraday* und *Maxwell* auf ganz neue Gedanken betreffs der Elektricität führten. Es sind metaphysische Gründe die selber am meisten zur allgemeinen Anerkennung der mechanistischen Anschauung beitragen. *Huyghens*, der Begründer der mechanistischen Undulationstheorie, hebt in seinem Werke über das Licht hervor, wie die philosophische Ueberzeugung, dass alle Naturerscheinungen aus Bewegungen bestehen, ihn zu seiner Theorie geführt haben. — Es sind auch rein metaphysische Gründe, wesshalb man früher ohne Bedenken das *Newton'sche* Gravitationsgesetz als unvermittelte Fernewirkung ansah, während gegenwärtig dieser Begriff der Fernewirkung in grossem Misskredite steht. Auch die Urheber der kinetischen Gastheorie sind wohl durch Betrachtungen allgemeiner, metaphysischer Natur auf die Idee geführt worden, die Gasgesetze durch Molekülarbewegung darzustellen. Wir thun dadurch der Exaktheit der Naturforschung keinerlei Eintrag, wenn wir auch ehrlich zugestehen, dass alle ihre wichtigern Theorien metaphysischen Ueberlegungen entsprungen seien.

Während aber bis vor wenigen Jahrzehnten die ganze Richtung der naturwissenschaftlichen Metaphysik dahin ging, Alles auf Bewegung von Atomen und Aether zurückzuführen, hat sich in neuerer Zeit ein gewisser Umschwung in den allgemeinen Ansichten geoffenbart. Schon *Dubois-Reymond* zeigte, wie eng begrenzt das Gebiet des mechanistischen Materialismus sei. *Kirchhoff* hob hervor, dass der ganze Werth der mechanistischen Theorie nur in einer genauen

Beschreibung der Naturvorgänge bestehe — überhaupt hat sich das unbegrenzte Zutrauen, das man der materialistischen Erklärungsweise entgegenbrachte, erheblich gemindert. — Das ist eine Thatsache, die vielleicht seltsam scheint, um so mehr, als gerade in den letzten Zeiten die mechanistische Atomistik sich immer schärfer und vollkommener entwickelt hat, — aber nichtsdestoweniger ist diese Thatsache da, daran ist nichts zu ändern.

Viele Naturforscher fühlen, dass ihre metaphysischen Anschauungen durch die mechanistische Theorie nicht befriedigt werden und sehen sich desshalb nach andern Theorien um.

Worin dieser Umschwung in den metaphysischen Anschauungen besteht, woher er kommt, wieso die Energetik dem modernen metaphysischen Bedürfniss besser entsprechen soll, als die Atomistik — das ist vielleicht unmöglich klar zu legen.

Aber die Thatsachen sind da und darin allein liegt die *gegenwärtige* Begründung der Energetik.

Desshalb auch besteht für den Energetiker nicht nur die Möglichkeit sondern auch die *Gewissheit*, dass die Energetik (allerdings vielleicht erst nach mannigfachen Modifikationen) definitiv über die mechanistische Theorie triumphiren wird. Diese *Gewissheit beruht auf der Ueberzeugung, dass die Energetik metaphysisch gerechtfertigter sei, als die Atomistik.* Hier liegt das punctum saliens — und nicht in der Klarheit oder Unklarheit, nicht in dem Mehr oder Weniger von Hypothesen, auch nicht in der grössern oder geringern Leistungsfähigkeit. — Alles das sind Fragen, die natürlich mit der Zeit erledigt werden müssen, die aber gegenwärtig nicht ausschlaggebend sind. — Mag sein, dass übrigens einmal auch die Zeit kommt, wo neue, tiefere metaphysische Erkenntniss eine noch bessere Theorie, als die Energetik sie liefert, fordern wird.

Freilich wird eingewendet werden, dass hiemit jeder ernsthaften Diskussion der Faden abgeschnilten sei, und dass ein Naturforscher und Physiker nicht mit metaphysischen Gründen die Brauchbarkeit einer physikalischen Theorie beweisen dürfe.

Aber das ist es eben, was der Zweck dieser Zeilen sein soll: zu zeigen, dass *gegenwärtig* die Entscheidung des Streites zwischen Energetik und Mechanistik ausschliesslich auf metaphysischen Argumenten beruhe und noch beruhen müsse. Der Energetiker darf sich also noch nicht anmassen zu behaupten, dass seine Theorie physikalisch besser sei, als die bisherige mechanistische Anschauung —

hingegen können ihrerseits die Gegner der Energetik derselben keinen Einhalt gebieten, dadurch, dass sie die Leistungen der Atomistik mit denen der Energetik vergleichen; — dieser Vergleich muss einmal kommen, aber jetzt ist der Zeitpunkt noch nicht da.

Was aber die metaphysischen Gründe zu Gunsten der Energetik anbetrifft, so ist es hier nicht der Ort näher darauf einzutreten. — Diese Gründe sind schon öfters von Prof. *Ostwald* und vom Verfasser (siehe diese Berichte p. 25) angeführt und, so viel mir bekannt ist, eigentlich nie widerlegt worden.

Die beste Kritik der alten mechanistischen Theorie gibt übrigens *Hertz* selber. — Sein klassisches Werk wird Jedem, der noch im Zweifel ist, die metaphysische Mangelhaftigkeit der Mechanistik offenbaren.

Nachdem diese allgemeine Frage einmal erledigt ist, wende ich mich zur Betrachtung einzelner Spezialfragen.

Die Energetik nimmt ihre Berechtigung aus Gründen allgemeiner philosophischer Natur. — Es kann sich gegenwärtig noch gar nicht darum handeln, ein einheitliches System aufzustellen, das aus einigen Grnndannahmen heraus alle Naturerscheinungen abzuleiten gestattet. — *Hertz* gibt an, dass er dies vergeblich versuchte — vielleicht scheiterte sein Versuch wesentlich daran, dass er nicht rein energetisch dachte, und dass er neben der Energie noch den Massenbegriff verwendete.

Die reine Energetik kennt nur die 3 Grundbegriffe: Raum, Zeit und Energie, verknüpft durch das erste Grundgesetz, dass die Gesammtsumme der Energie bei jeder möglichen Aenderung konstant bleibe.

Die Energetik hat vor Allem aus zu untersuchen, wie sich diese Begriffe und Gesetze den thatsächlichen, beobachteten Verhältnissen anzupassen haben, d. h. wie die Energie in den verschiedenen physikalischen Disciplinen auftritt und zu den sekundären Begriffen, wie Geschwindigkeit, Wärmemenge, Temperatur, Strahlungsintensität, Stromstärke etc. führt. Daraus werden sich eine Reihe von Gesetzen und Beziehungen ergeben, es werden die Capacitäts- und Intensitätsbegriffe von *Ostwald* eingeführt werden — mit andern Worten, zunächst sind alle bekannten physikalischen Gesetze in die ganz neue und Vielen noch ungewohnte Sprache der Energetik umzusetzen. Dass diese Arbeit zunächst nicht zu einem sehr klaren und einheitlichen Bild führen wird, ist selbstverständlich — so wenig als die

elektromagnetische Theorie von *Maxwell*, die ja heutzutage noch in ihrer Urform Vielen durchaus unverständlich ist. — Erst nach dieser Vorarbeit wird es möglich sein, die energetischen Gesetze zu vereinfachen und zusammenzufassen und dann erst werden sich Consequenzen ziehen lassen können, die durch ihre Bestätigung den definitiven und *experimentellen* Entscheid für oder wider die Energetik liefern werden.

Jetzt sind wir im Stadium, wo die neuen Begriffe und die neue Anschauungweise der Energetik noch gelernt werden müssen. Dass dies nicht leicht ist, ist begreiflich. Es war wohl für jeden Physiker eine schwere Geistesarbeit, sich von den alten Begriffen der Elektricitätsmenge, der Fernewirkung etc. loszulösen und die neuen Begriffe des elektrischen Feldes, der elektrischen und magnetischen Kraftlinien richtig zu erfassen. Die neue Energetik nimmt aber der alten Mechanistik gegenüber eine ganz ähnliche Stellung ein, wie die *Maxwell'sche* Theorie zur alten Fluidatheorie. Eine kleine Ausführung dieser Analogie wird vielleicht nützlich sein: Die alte Elektricitätslehre nahm die Existenz elektrischer Fluida an; diese Fluida sammelten sich an der Oberfläche gewisser Körper, der Leiter; auf diesen Leitern konnten sie sich bewegen und beliebig ausbreiten. — Ausser dieser Beweglichkeit hatten sie die Eigenschaft durch die für sie undurchdringlichen Isolatoren hindurch zu wirken; diese Wirkung, die mit augenblicklicher Geschwindigkeit sich ausbreiten sollte, war den Massen der Fluida direkt und dem Quadrat der Entfernung umgekehrt proportional. — In ähnlicher Weise behandelt die Mechanistik die Physik überhaupt. Statt Fluida hat man einfach materielle Punkte zu setzen. Man nimmt die Existenz eines Dinges, Materie genannt, an, das räumlich in Punkten angeordnet ist, man setzt voraus, dass diese sog. materiellen Punkte auf einander momentane Fernewirkungen gemäss dem obigen Gesetze ausüben. Diese Punkte bewegen sich und ziehen sich an und daraus ergeben sich alle physikalischen Gesetze genau so gut, wie aus der Fluidatheorie die elektrischen und magnetischen Gesetze (selbstverständlich ist dies nur eine Analogie, die wie jedes Gleichniss nicht verallgemeinert werden darf).

Aber in der Elektricitätslehre hat sich eine neue Anschauung geltend gemacht: man verwirft die Fluida, ihre Bewegungen und ihre momentanen Fernewirkungen. Statt dessen denkt man sich den ganzen Raum, den man betrachtet, in einen bestimmten Zustand versetzt. Nicht die geriebenen Metallkugeln oder die sog. Stromleiter sind elektrisch wirksam, sondern in den sie umgebenden diëlektrischen

Medien finden stetig von Punkt zu Punkt fortschreitende Zustandsänderungen statt — Zustandsänderungen, die bekanntlich direkt als Strömungen elektrischer und magnetischer Energie aufgefasst werden können (s. die Arbeiten von *Poynting*). Die sog. Fortpflanzung eines elektrischen Stromes in einem Draht besteht also gar nicht in der wahren Fortbewegung eines Fluidums in oder auf dem Draht, sondern in einer Zustandsänderung ausserhalb des Drahtes. Die Anziehungen und Abstossungen elektrisch geladener Körper sind nicht momentane Fernewirkungen sondern nur das Resultat von zeitlich sich ausbreitenden elektrischen Wellen.

Auch die Lichtstrahlen, die früher als wirkliche Transversalwellen des Aethers aufgefasst wurden, sind jetzt nur noch als Schwingungen elektrischer Kräfte, d. h. als blosse Oscillationen anzusehen. — Warum sollte diese Anschauung nicht auch auf die andern physikalischen Gebiete übertragen werden?

Offenbar können doch auch die Bewegungen und Fernewirkungen materieller Punkte durch zeitlich sich ausbreitende Zustandsänderungen ersetzt werden. — Darin liegt das *wesentlich Neue der Energetik,* dass sie die jetzt allgemein anerkannten Hauptgedanken der modernen Elektricitätslehre zu verallgemeinern sucht, nämlich die Gedanken, 1) dass jede Fernewirkung vermittelt ist und 2), dass alle Naturerscheinungen nicht durch wirkliche Bewegungen von Materie oder Aether sondern durch wellenförmig fortschreitende Zustandsänderungen dargestellt werden können. — Das Substrat, das diese Aenderungen erleidet, erhält dann den Namen der in allen Naturerscheinungen unveränderlich auftretenden Grösse, nämlich der Energie.

Wie man in der Elektricitätslehre vom elektromagnetischen Feld ausgeht, welches Punkt für Punkt gewisse elektrische und magnetische Energiemengen enthält, und wie man sich dann in irgend einer Weise eine Störung des Gleichgewichtes in diesem Felde denkt und den Verlauf der Erscheinungen beobachtet resp. berechnet — so hat man auch in der Energetik zu verfahren.

Wir denken uns das ganze Weltall erfüllt mit Energie, die von Punkt zu Punkt in verschiedener Menge und auch in verschiedener Form vorhanden sein kann (gerade wie im elektrischen Feld die Energie als magnetische oder elektrische da sein kann). Zwischen diesen verschiedenen Mengen und Formen bestehen bestimmte Gesetze, welche die weitern Transformationen bedingen und welche wir näher zu untersuchen haben.

Denken wir uns z. B. die Erde und eine über ihrer Oberfläche frei schwebende Kugel. Die Erde und die Kugel repräsentiren gewisse Formen und Mengen von Energie, die wir als Wärmeenergie und Druckenergie vorläufig bezeichnen wollen. Kommen nur diese beiden speziellen Energien vor, während der ganze übrige Raum mit der Energieform allgemeinster Art, der Raumenergie, angefüllt ist, so wird sich ein Raumenergiefeld bestimmter Anordnung bilden — gerade wie sich um zwei elektrisirte Kugeln herum eine bestimmte elektrische Kraftvertheilung ergibt.

Diese Vertheilung der Raumenergie wird ihrerseits wieder mit den Energien der Kugel in Wechselwirkung treten und das sichtbare Resultat derselben wird der Fall der Kugel auf den Boden sein. Diese Bewegung der Kugel kann selber wieder ohne eigentliche Bewegung der Energie, sondern durch blosse fortschreitende Zustandsänderung von Energie dargestellt werden.

War die Kugel anfangs 5 m. über Boden und ist sie nach einer Sekunde zur Erde gefallen, so braucht man sich dabei nicht zu denken, dass ein kugelförmig abbegrenztes Quantum Wärme- und Druckenergie (denn die Kugel ist nichts anders als das) sich wirklich von der Höhe von 5 m. gegen den Boden hin bewegt habe, sondern nur, dass innerhalb einer Sekunde die in dieser Luftsäule von 5 m. Höhe befindliche Raumenergie successive von oben nach unten (wie bei einer fortschreitenden Welle) sich in Druck- und Wärmeenergie (und zudem noch in Bewegungsenergie = lebendige Kraft) transformirt habe. — Es liegt darin derselbe Unterschied der Auffassung, der sich bezüglich des Lichtes zwischen der Emissions- und der Undulationstheorie zeigte, oder auch zwischen der alten Idee, dass die Elektricität in einem Leiter fort fliesse, und der neuen, dass sich nur der Zustand ausserbalb des Leiters verändert.

Natürlich bleiben die thatsächlichen, uns wahrnehmbaren Verhältnisse durchaus dieselben — aber diese energetische Auffassung entspricht dann den neuen Ideen über Fernewirkung am besten.

Bei diesem Anlass mag noch ein Punkt hervorgehoben werden. — Die Energetik wird oft der «Atomistik» entgegestellt, als ob die beiden einander diametral widersprächen. Das ist nicht der Fall. Wenn die Atomistik lediglich lehrt, dass das raumerfüllende Ding (heisse es jetzt Materie oder Energie) nicht kontinuirlich, sondern in räumlich getrennten Punkten koncentrirt ist, so kann sich die Energetik sehr gut mit dieser Anschauung befreunden. Von Prof.

Boltzmaun ist mit grosser Schärfe nachgewiesen worden, dass die Bedeutung der Differenzialgleichungen für die Physik eigentlich nur bei dieser atomistischen Betrachtungsweise zur Geltung komme. Dies mag nun auch für die Energetik gelten. — Wir denken uns den ganzen Raum mit Energie erfüllt, wir sprechen von Energiedifferentialen, Energieelementen etc.; man kann sich ganz gut diese Elemente in kleinen Raumtheilen koncentrirt denken und diese Raumtheile in endlicher Zahl und räumlich getrennt. — Die absolute Kontinuität der Energie ist kein nothwendiges Postulat der Energetik; so wenig wie in der modernen Elektricitätslehre die Kontinuität der elektrischen Energie im diëlektrischen Feld vorausgesetzt werden muss.

Etwas anderes ist es, sobald die Atomistik mechanistisch wird, d. h. sobald angenommen wird, dass diese materiellen Punkte einander anziehen, dadurch räumliche Bewegungen ausführen und dass diese Bewegungen allein die Gesammtheit der Naturerscheinungen darstellen. — Hier gehen die Wege auseinander. Ob die getrennten «Energiepunkte» (ich gebrauche diesen Ausdruck, um mich der atomistischen Anschauung anzuschliessen) sich gegenseitig bewegen oder nicht, ist für die Energetik belanglos. Dass sie sich gegenseitig beeinflussen, indem von einem Energiepunkt zum andern Transformationen auftreten, darin liegt allein das Wesentliche.

Mag sein, dass dadurch die Energetik oberflächlicher zu sein scheint, als die Atomistik. — Die Atomistik sucht gleichsam ein Bild dieser Energie-Transformationen selber zu geben, indem sie dieselben auf Bewegungen der Energiepunkte selber zurückführen will. Es frägt sich aber nur: welches Gesammtbild ist vorzuziehen? Dasjenige, welches sich auf Beziehungen beruft, die nie durch Beobachtung oder Experiment direkt ergründet werden können, wie die Atombewegungen, oder dasjenige, welches diese Verhältnisse einfach ignorirt und sich möglichst an die Thatsachen zu halten sucht?

Bern, 3. Januar 1898.