

Ueber den gegenwärtigen Zustand der Physik

Autor(en): **Mann**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft**

Band (Jahr): **2 (1858-63)**

PDF erstellt am: **09.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-593933>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

UEBER DEN GEGENWÄRTIGEN ZUSTAND DER PHYSIK.

(Aus einer Eröffnungsrede des Vereins-Präsidenten Rektor Mann.)

Die Aufgabe unseres Vereins ist bekanntlich eine zweifache. Einmal soll derselbe, soweit seine Kräfte und Mittel es gestatten, Beiträge liefern zur Erforschung der Natur unseres Kantons; dann aber auch sein Möglichstes beitragen zur Belebung des Sinnes für Naturforschung und das Studium der Naturwissenschaften überhaupt. Da ich schon verschiedene Male die erste der genannten Aufgaben bei meinem Eröffnungswort zum Ausgangspunkt gewählt habe, so werden Sie mir gestatten, heute ein Thema zu behandeln, das mir persönlich nahe liegt, und das mit der zweiten unserer Vereinsaufgaben im Zusammenhange steht. Ich gedenke nämlich Ihre Zeit einige Minuten in Anspruch zu nehmen zur Anhörung einer gedrängten Skizze *über den gegenwärtigen Zustand der Physik.* —

Die *Naturgeschichte* kann Aristoteles als den *ältesten* Vertreter ihrer *neuesten* Methode bezeichnen. Von anderer Beschaffenheit ist das Verhältniss dieses ausgezeichneten Griechen zur *Physik*. So sehr bei ihm der Sinn für Naturbeobachtung ausgebildet war, so musste er bei seinem nach Einheit ringenden Geiste und bei der Armseligkeit der damaligen Beobachtungsmittel auf Irrwege gerathen. Manche Lücken, die er in unsern Tagen durch eine *neue* Reihe von Experimenten ausgefüllt haben würde, suchte er durch Eingebungen

10741
126561

des spekulativen Verstandes zu überbrücken. So kam er in die Geleise der Scholastik und der Naturphilosophie. Der dogmatische Druck des Mittelalters bewirkte, dass fast alles wissenschaftliche Streben sich in Autoritätenglauben und in die Sucht auflöste, die Aussprüche der Autoritäten zu deuten. Im Uebrigen machte sich, je mehr man die Vernunft gefangen nahm, die Phantasie in den zügellosesten Ausschweifungen geltend. So sehr dieses Ueberwiegen der Phantasie der mittelalterlichen Kunst zu statten kam, so verwüstend erwies es sich der Wissenschaft gegenüber. Die Physik wurde bekanntlich unter den Nebelfittigen des Mittelalters zur Magie, — d. h. zu derjenigen Form wissenschaftlicher Verirrung, die sich einerseits durch himmelstürmerische Tendenzen, andererseits durch eine stark ausgebildete Scheu vor den Mühen des Beobachtens und Forschens charakterisirte. Auch die naturphilosophische Schule wurde banquerott in Folge des Umstandes, dass sie die Naturbeobachtung entweder gar nicht, oder nur in ungenügendem Maasse würdigte, und dem spekulativen Denken allzusehr die Alleinherrschaft einräumte. Erst der neuern Zeit ist es vorbehalten, der Naturbeobachtung, den Sinnen zu ihrem natürlichen Rechte zu verhelfen, und bei der Naturforschung alle menschliche Vermögen in harmonischen Einklang zu bringen. Der spekulative Verstand formulirt die an die Natur zu stellenden Fragen, die Phantasie bringt Schwung und kühnen Flug in die Forschung und erzeugt Einfälle, die sich häufig als glückliche erweisen. Die Sinne sind die Fühler und Taster, welche uns mit dem Naturleben in einer Weise in Verbindung setzen, die alle Täuschung ausschliesst. Freilich wirken zuweilen auch jetzt noch Phantasie und spekulativer Verstand im schlimmen Sinne, indem sie an einzelne Erfahrungssplitter ihre Gewebe hängen, indem sie vorschnell Glieder mit einander verbinden, die sich noch gar nicht zur Verbindung eignen, deren naturgemässe Zwischenglieder nur durch eine neue Versuchs- und Beobachtungsreihe gefunden werden können. Aber die grosse Errungenschaft besteht darin,

dass wir jetzt die Eingebungen und Gewebe des spekulativen Verstandes und der Phantasie auf ihre Solidität und Richtigkeit prüfen können, dass in unsern Tagen die genannten Vermögen förmlich unter die Kontrolle der Naturbeobachtung gestellt sind.

Fixiren wir das Immerwiederkehrende in einer Reihe gleichartiger Erscheinungen, so haben wir ein Gesetz. Den mathematischen Ausdruck, die Formel für ein solches Gesetz erhalten wir, indem wir die Zahlenwerthe alles *Messbaren*, was auf die Erscheinungen Bezug hat, in Rubriken zusammenstellen, und dann den immerkehrenden mathematischen Beziehungen in den aufnotirten Zahlen nachspüren. — Das so gefundene Gesetz verhält sich zu den einzelnen Naturerscheinungen, aus denen es hervorgegangen, wie das allgemeine Glied einer Reihe zu den einzelnen Gliedern dieser Reihe. Bekanntlich schlägt die Formel, welche eine Anzahl von Gliedern einer Reihe umspannte, zuweilen in einen andern Ausdruck um, wenn man die Entwicklung der Reihe weiterführt. So ist auch das Naturgesetz immer nur der allgemeine Ausdruck für eine bestimmte Menge einzelner Erscheinungen und kann durch Auffindung einer einzigen neuen, nicht mehr in diesen Rahmen passenden Thatsache stürzen, um einer andern, inhaltsreichern Formel Platz zu machen. Ist das Naturgesetz lediglich der allgemeine Ausdruck für die Resultate einer Versuchs- oder Beobachtungsreihe, ohne dass man aus dem Wesen der wirkenden Kräfte darzulegen vermöchte, wesshalb gerade *diese* Beziehung stattfinden muss, so ist das Gesetz ein empirisches, und auch die Formel, welche das mathematische Kleid dieses Gesetzes ist, heisst eine empirische. Gelingt es aber, die aus der Erfahrung abstrahirte Formel zugleich auch aus innern Gründen zu begreifen, aus der Natur der zusammenwirkenden Kräfte herzuholen, so ist damit die Formel zum Range einer *rationellen* erhoben.

Messen wir z. B. die Durchmesser verschiedener gläserner Haarröhrchen und die Höhen, zu welchen sich das Wasser in diesen verschiedenen Röhren erhebt, und legen die so gewonnenen

Zahlen in zwei Rubriken nieder: so werden wir finden, dass die Werthe der zweiten Rubrik in demselben Verhältnisse abnehmen, in welchem die der ersten Rubrik zunehmen. Schliessen wir hieraus, dass sich bei einerlei Stoff der Flüssigkeit und der Röhren die Höhen umgekehrt verhalten wie die Durchmesser, so hat das so gefundene Gesetz lediglich die Bedeutung eines empirischen. Gehen wir aber von den Gesetzen aus, welche die Natur der Cohäsion und Adhäsion charakterisiren, und entwickeln wir hieraus durch consequentes Weiterschliessen obige Beziehung, dann ist dieselbe für uns zu einer *rationellen* Formel geworden.

Experimentiren wir mit Linsen, so können wir aus den Erscheinungen heraus mit Leichtigkeit folgende Fragen beantworten: wann entsteht ein Bild? unter welchen Bedingungen wird das Bild ein wirkliches, unter welchen ein scheinbares? welche Beziehung besteht zwischen Bildweite und Objektweite? welche Stellen bleiben bilderleer? unter welchen Umständen kommen aufrecht stehende, unter welchen verkehrt liegende Bilder zu Stande? wovon hängt es ab, ob das Bild grösser oder kleiner wird als der Gegenstand?

Die Beantwortung jeder dieser Fragen ist ein empirisch gefundenes Gesetz. Durch das Experimentiren mit dem Prisma und andern optischen Geräthen erhalten wir weitere Reihen empirischer Gesetze. Alle diese Gesetze, so lange sie lediglich als empirische dastehen, scheinen von gleicher Rangstufe zu sein. Dem ist aber in Wahrheit nicht so. Denn durch Anwendung mathematischer Mittel erkennen wir, dass aus einigen wenigen dieser empirisch gefundenen Gesetze alle anderen abgeleitet werden können, dass also diese wenigen alle übrigen in sich tragen. So reichen z. B. die bekannten drei Brechungsgesetze aus, um alle oben erwähnten einzelnen Gesetze, welche die Wirksamkeit der Linsen betreffen, aus ihnen mathematisch hervorzuholen. Sowie wir dies eingesehen haben, können wir unmöglich mehr alle diese Gesetze als gleichwerthig anerkennen: wir müssen dann vielmehr unter-

scheiden zwischen primären und sekundären Gesetzen, oder auch zwischen Grundgesetzen und ableitbaren Gesetzen. Die Grundgesetze sind in ganz gleicher Weise der allgemeine Ausdruck für die ableitbaren Gesetze, wie die empirische Formel der allgemeine Ausdruck für die einzelnen ihr zu Grunde liegenden Naturerscheinungen ist.

Die Mathematik ist es also, wodurch die Rangstufe empirisch gefundener Gesetze festgestellt wird. Ueberhaupt ist die Rolle, welche die Mathematik in der Physik spielt, von der höchsten Bedeutung und spezifisch verschieden von derjenigen, welche sie in den übrigen naturwissenschaftlichen Disciplinen übernimmt. Wir begegnen der Mathematik auch in der Naturgeschichte, wir finden die Herrschaft mathematischer Gesetze in den Krystallgestalten, in der Stellung der Blätter u. s. w. Aber in allen diesen Fällen handelt es sich nur um das Aeussere, die körperliche Anordnung und Form. Auch die Chemie hat ihre Mathematik, aber dieselbe bezieht sich nur auf die Quanta, die in chemische Verbindungen einzugehen und sich in denselben zu ersetzen vermögen. In der Physik aber schwingt die Mathematik ihr Scepter auch über den innersten Kern der Lebenserscheinungen, über die Gesetze selbst. Durch sie kommt lichte Ordnung in das Chaos der einzelnen empirisch gefundenen Gesetze, sie befähigt uns, zwischen Gesetzen erster, zweiter, dritter Ordnung u. s. w. zu unterscheiden und so gewissermaassen ein natürliches System der Naturgesetze festzustellen.

Damit ist indess das Wesen der mathematischen Behandlung der Physik noch nicht erschöpft, wir müssen noch eine andere Seite derselben in's Auge fassen. Die Mathematik ist nämlich den physikalischen Gesetzen gegenüber nicht nur ein Sichtungsmittel, sondern auch ein Umformungsapparat: sie zeigt uns die verschiedenen Formen, in denen wesentlich die gleiche Naturbeziehung aufzutreten vermag. Auf diese Weise treten durch Anwendung der Mathematik Formen der physikalischen Gesetze zu Tage, die auf dem Wege der Naturbeobach-

tung allein niemals hätten gefunden werden können, denen gegenüber der auf die Mittel der Anschauung beschränkte Geist sich gestehen muss: „von dieser Seite sah ich das Naturleben nie“. Diese neu zu Tage tretenden Formen geben aber dann wieder Sporn und Richtung für neues Forschen durch die Mittel der Beobachtung und des Experiments.

Naturbeobachtung und Calcul reichen sich bei der Forschung auf physikalischem Gebiete die Hände und erzielen dadurch Resultate, die keines dieser Erfindungsmittel für sich allein hätte zu Stande bringen können. Kleiden wir ein durch Beobachtung erkanntes Gesetz in die Sprache der Mathematik, formen wir die so gewonnene mathematische Beziehung durch rein mathematische, d. h. rein logische Mittel um, so finden wir das durch Umformung erhaltene neue Gesetz in der Natur wieder.

Die Mathematik in der Natur ist somit eine Realität, und die mathematische Behandlungsweise der Physik ist daher nichts künstlich in die Physik Hineingetragenes, nicht etwa blosser gelehrter Aufputz, sondern eine wesentliche Seite der ganz naturgemässen Methode dieser Wissenschaft. Die Mathematik in der Natur hat aber noch eine höhere Bedeutung. In ihr spricht sich die Bürgschaft dafür aus, dass vollkommene Harmonie und Einheit bestehe zwischen den Gesetzen unseres Denkens und der höchsten Intelligenz, als deren Ausfluss die Naturgesetze zu betrachten sind.

Die höchste Stufe wissenschaftlicher Vollkommenheit ist da vorhanden, wo die Grundgesetze wieder in ein höchstes Grundgesetz, in ein Prinzip zusammenfliessen, aus dem sie mathematisch ganz so hergeholt werden können, wie die sekundären Gesetze aus den primären. Diese Stufe hat die Physik bis jetzt in wenigen Zweigen erklommen: in der mechanischen Naturlehre und in der Optik.

Das Prinzip, aus welchem alle einzelnen, die Optik ausmachenden Gesetze mit mathematischer Schärfe hervorgeholt werden können, liegt in der Undulationstheorie. Diese setzt

allerdings die Annahme des kosmischen Aethers voraus. Allein schon die kosmische Bedeutung des Lichtes macht es höchst wahrscheinlich, dass bei den Lebensäusserungen des Lichtes ausser den Stoffen der Erde noch ein kosmisches Etwas mitwirken werde, und Aether ist eben nur der Name dieses Etwas. Wenn man ferner sieht, wie die verwickeltsten optischen Erscheinungen, z. B. die Beugungsercheinungen nicht nur so obenhin, sondern in ihrem ganzen Detail und in aller Schärfe aus den Anschauungen der Undulationstheorie hervorgehen, dass man aus den Grössen, welche die Erscheinung bedingen, herausrechnen kann, wo helle, wo dunkle Stellen, wo diese, wo jene Farbe sein muss, und wenn man dann wahrnimmt, dass diese Rechnungsergebnisse haarscharf mit der wirklichen Erscheinung übereinstimmen, so muss man gestehen, dass hierin ein indirekter Beweis für die Existenz des Aethers liege. — In der Wärmelehre liegen Undulationstheorie und Emanationstheorie, welche letztere einen besonderen Wärmestoff annimmt, mit einander im heissen Kampf, — aber dieser Kampf hat schon jetzt eine Gestalt angenommen, die uns den endlichen Sieg des Undulationsgrundsatzes nicht bezweifeln lässt. Allen Anhängern der Vibrationstheorie ist die Wärme ein *Bewegungszustand*. Die Einen, z. B. Clausius, nehmen an, dass die Körperatome selber in Bewegung seien, selbst dann, wenn der Körper den Eindruck der tiefsten Ruhe mache, und dass diese Bewegungen durch den ringsum liegenden Aether fortgepflanzt würden. Andere, wie Redtenbacher, stellen sich vor, dass jedes Körperatom von einer verdichteten Aetheratmosphäre umgeben sei, und dass die so entstehenden Gebilde mit denjenigen Kräften ausgerüstet seien, welche unter Anderem auch die verschiedenen Wärmeerscheinungen herbeiführen.

Nach der Ansicht von Clausius ist die Bewegung der Körperatome je nach den Aggregatzuständen verschieden. Bei den festen Körpern ist sie ein Schwingen um bestimmte Gleichgewichtslagen. Die Entfernung dieser Gleichgewichtslagen ist dann das, was man unter Entfernung der Atome verstehen

muss. Werden die Atome genöthigt, weiter entfernte Gleichgewichtslagen zu suchen, so tritt eine Vergrößerung des Körpervolumens, eine Ausdehnung ein. Bei den flüssigen Körpern ist die Bewegung der Atome, die Clausius Wärme nennt, eine theils fortschreitende, theils wälzende, theils rotirende. Bezüglich der Luftarten wird angenommen, dass die Moleküle geradlinig sich fortbewegen, bis sie auf ein Hinderniss stossen, das sie zur Umkehr zwingt. Jeder in seinen einzelnen Atomen vibrierende Körper sendet Systeme von Aetherwellen aus. Vibriert der Aether langsamer als bei rothem Licht, so vermag das Auge diese Aetherschwingungen nicht mehr als Licht wahrzunehmen, dagegen empfindet sie das Gemeingefühl als Wärme. Die Temperatur eines Körpers erhöhen, heisst, die Theilchen in rascheres Schwingen versetzen. Fährt man fort, die Schwingungsgeschwindigkeit zu erhöhen, so kommen zuletzt wieder Aetherschwingungen von solcher Schnelligkeit zum Vorschein, dass sie als Licht empfunden werden können. Diess ist der innere Vorgang, wenn Körper durch fortgesetzte Temperaturerhöhung *glühend* werden. Da jedoch unter den Aetherschwingungen, die wir Licht nennen, die als rothes Licht auf das Auge wirkenden die langsamsten sind, so ist das Glühen in seinem Beginne *Rothgluth*. Die zu einem Körper heranziehenden Aetherwellen wirken entweder nur auf den im Körper enthaltenen Aether, sie ziehen durch die Körpermasse hindurch, ohne ihre Atome in ein erhöhtes Schwingen zu versetzen, ohne den Körper zu erwärmen, oder es tritt das Gegentheil ein. Im ersten Falle ist der Körper durchwärmig, diatherman, im zweiten adiatherman.

Das Ganze, bestehend aus molekularem Kern, Aetherhülle und den erforderlichen Kräften nennt Redtenbacher eine *Dynamide*. Nach seiner Auffassung ist Wärme nichts anderes, als eine radiale Bewegung der Aetheratome innerhalb einer jeden Dynamide, d. h. die Bewegung der Aetheratome nach dem molekulären Kerne hin.

Beide Ansichten sind nicht frei von hypothetischem Beiwerk.

Jedoch zeichnet sich die von Clausius durch grössere Einfachheit und entschiedeneres Anschmiegen an die natürlich vorliegenden Verhältnisse aus. Clausius kommt daher auch mit einem verhältnissmässig einfachen mathematischen Hilfsapparat weiter, als Redtenbacher mit den complicirtesten Integrationskunststücken.

Was die Emanationstheorie Zufluss an Wärmestoff nennt, ist der Undulationstheorie Kraftzufuhr. Tiefere mathematische Erwägungen nöthigen, die lebendige Kraft der schwingenden Atome als mathematischen Ausdruck für Temperatur zu nehmen. Wärmemenge ist dann die mechanische Arbeit, die verrichtet werden muss, um die Atome in einen bestimmten Bewegungszustand zu bringen. Aus diesen Grundanschauungen kann mit Leichtigkeit und in vollster mathematischer Schärfe das Mariottische, das Gay-Lussac'sche, das Dulong'sche Gesetz abgeleitet werden. Dagegen ist es bis zur Stunde noch nicht gelungen, das höchst einfache Gesetz von der Teperaturausgleichung aus der Undulationstheorie hervorzuholen. Für die mechanische Wärmelehre, wie man die neuere Theorie auch nennt, spricht ferner die Entstehung von Wärme durch Reibung; für sie spricht die in neuester Zeit festgestellte Thatsache, dass Eis durch anhaltenden, stetig fortwirkenden Druck, also durch Zufuhr von mechanischer Arbeit, eben so gut geschmolzen werden kann, wie durch direktes Einwirken einer Flamme; für sie spricht endlich auch der Umstand, dass bei der Dampfmaschine eine der erzeugten mechanischen Arbeit äquivalente Menge an Wärme verschwindet.

Im Abschnitt über Elektrizität und Magnetismus hat man es bis zu einzelnen Grundgesetzen gebracht, die aber sowohl des Zusammenhanges mit einer Menge zerstreut umherliegender Erfahrungsthatsachen, als auch der höheren Einheit unter sich entbehren. Zu diesen Grundgesetzen, um die herum eine ziemlich grosse Anzahl einzelner Erscheinungen sich gruppiren lässt, gehört z. B. das Ohm'sche Gesetz und die Ampère'sche Hypothese, derzufolge ein Magnet nichts anderes als ein in

seinen einzelnen Molekülen von Elektrizität umströmter Körper sein soll. Verschiedene Anzeigen deuten darauf hin, dass die Herrschaft der dualistischen Anschauungsweise, welche ein positiv — und negativ elektrisches Fluidum annimmt, in den letzten Zügen liegt, und dass die Elektrizitätslehre jetzt in einem ähnlichen Stadium angelangt ist, in welchem die Optik sich befand, als die Erscheinungen der Interferenz und Polarisation entdeckt waren, für welche die Emanationstheorie, wie sehr man sie auch maltraitiren mochte, keine Erklärungsgründe mehr liefern konnte.

Neben der Kritik, welche die Blößen der bisherigen Grundansicht über das Wesen der Elektrizität aufzudecken sucht, fehlt es auch nicht an Versuchen, die elektrischen Erscheinungen aus der Undulationstheorie zu erklären; Redtenbacher nimmt z. B. an, dass die Atome der Aetherhüllen nicht nur diejenigen radialen Bewegungen ausführen, die er Wärme nennt, sondern dass die Aetherhüllen selber sich als Ganzes um die molekularen Kerne drehen. Die Drehung nach der einen Seite soll positive, die Drehung nach der entgegengesetzten Seite negative Elektrizität sein.

Selbst in die Chemie scheint die Grundansicht ihren Einzug zu halten, derzufolge alle Erscheinungen auf Bewegungsvorgängen der Moleküle beruhen. Jedenfalls kann man sich, gestützt auf die Undulationstheorie, in anschaulichster Weise die Zerlegung chemischer Verbindungen durch Wärme erklären. Man kann mittelst der Neumann'schen Ergänzung zum Dulong'schen Gesetz und durch Zuhülfenahme des mechanischen Aequivalents der Wärme die mechanische Arbeit, die zur Zerlegung binärer chemischer Verbindungen erforderlich ist, als eine Funktion der Zersetzungstemperatur darstellen, und so für die Festigkeit chemischer Verbindungen ein genaues, mathematisches Maass finden, während man sich seither mit dem vagen, naturphilosophischen Begriff der Verwandtschaft begnügen musste. Diese neue Grundanschauung findet ihre Stützen in der hochwichtigen Rolle, welche die Quantität bei

chemischen Prozessen spielt, — in dem Umstande, dass die Quantität oft eine Qualität geradezu zu ersetzen, die Verwandtschaftsverhältnisse vollständig umzustimmen vermag.

Die neuere Naturforschung geht ganz entschieden darauf aus, das Hülfskorps, bestehend in Wärmestoff, magnetischem Fluidum, positiv und negativ elektrischem Fluidum und chemischer Verwandtschaft in die Flucht zu schlagen und darzutun, dass der Körperstoff nebst dem intermolekularen Aether Manns genug ist, alle Erscheinungen hervorzurufen, die wir in der Körperwelt antreffen.

Gelingt es dem kräftig wirkenden Licht der neueren Naturforschung, diese letzten naturphilosophischen Nebel zu zerstreuen, dann sind in That und Wahrheit Physik und Chemie zur Mechanik der Molekularkräfte geworden. In welchem Maasse dann die Bedeutung der Mathematik und Mechanik in ihrer Eigenschaft als Hülfswissenschaften für Physik und Chemie sich steigern muss, bedarf keiner weitern Auseinandersetzung.

Ein wichtiger, charakteristischer Zug der neuesten Physik besteht darin, dass sie immer neues Material zu Tage fördert zur Bestätigung des Satzes von der *Einheit der Naturkräfte*, den der geniale Schwabe Tobias Meyer zuerst ausgesprochen hat.

An der Dampfmaschine erkennen wir, dass Wärme Bewegung hervorruft. Bewegung kann aber auch wieder Wärme erzeugen, wie am Reiben zweier Körper ersichtlich ist. Der elektrische Funke ist ein Beleg dafür, dass Elektrizität Licht und Wärme erzeugen kann. Die Thermoelektrizität lehrt uns, dass Wärme auch Elektrizität hervorzurufen vermag. Eine Naturkraft ist somit fähig, eine andere hervorzurufen. Aber die Hervorgerufene und Hervorrufende verhalten sich nicht einfach zu einander wie Ursache und Wirkung: ihr Verhältniss ist ein viel innigeres. Eine gewisse Wärmemenge ruft, indem sie Bewegung erzeugt, eine bestimmte mechanische Arbeitsgrösse hervor, und diese mechanische Arbeit erzeugt, wenn

man sie zum Reiben zweier Körper verwendet, genau die ursprüngliche Wärmemenge wieder. Es kann sich somit Wärme in mechanische Arbeit und letztere in erstere förmlich *umsetzen*, und dieser Umsatz ist bezüglich der sich umsetzenden Mengen an bestimmte Zahlen gebunden. So setzt sich auch Elektrizität in Wärme, Wärme in Elektrizität um. Was die ältere Physik als verschiedene Naturkräfte auffasste, sind daher nur verschiedene Formen *einer* Kraft, und diese Formen sind fähig, in einander überzugehen. Wie es der Physik der Gegenwart gelingt, immer neue Materialien aufzufinden, welche den Grundsatz von der Einheit der Naturkräfte stützen, so hat das Streben der Zeit auch offenbar die Richtung, die verschiedenen naturwissenschaftlichen Disciplinen als harmonisch sich ergänzende Glieder *einer* Wissenschaft hinzustellen. Die Aufstellung einer das grosse Ganze allseitig umfassenden Naturwissenschaft war das Ideal aller grossen naturwissenschaftlichen Geister seit Aristoteles: an diesem Riesenbaue arbeiten auch die besten Köpfe und die hervorragendsten Kräfte unserer Tage. Aber man arbeitet jetzt nicht mehr mit den einseitigen, untauglichen Mitteln der Phantasie und des spekulativen Verstandes, an denen die Scholastiker und die naturphilosophische Schule zu Schanden geworden sind: sondern man führt jetzt in sicherer Hand das untrügliche Rüstzeug der Naturbeobachtung, des Experiments. Man beginnt den Bau nicht mehr in luftigen Höhen, sondern man senkt seine Pfeiler in den soliden Boden der Realität.

Die Organe der Naturwissenschaften legen Zeugnis ab von dieser Richtung der Zeit. In der That kann man keine Nummer einer naturwissenschaftlichen Zeitschrift durchlesen, ohne neue und immer neue Beziehungen zu finden zwischen chemischen, physikalischen und naturgeschichtlichen Thatsachen. Eine geniale, wahrhaft grossartige Erscheinung, vielleicht die hervorragendste Erfindung des Jahrhunderts bildet in dieser Hinsicht die von Kirchhoff und Bunsen erfundene Spektralanalyse, welche als rein chemisches Mittel alle vorhandenen an

