

Monatlich erscheint eine Nummer; die Pränumeration mit Postzusendung beträgt jährlich 2 fl. 70 kr. Oest. Währ.

# LOTOS.

Man pränumcirt in der J. G. Calve'schen k. k. Universitäts-Buchhandlung in Prag.

## Zeitschrift für Naturwissenschaften.

---

---

**XXI. Jahrg.**

**September.**

**1871.**

---

**Inhalt:** E. Mach, Ueber die physikalische Bedeutung der Gesetze der Symmetrie. (Mit einer Notenbeilage.) — **Literatur-Berichte:** Chemie, Mineralogie, Zoologie.

---

### Ueber die physikalische Bedeutung der Gesetze der Symmetrie.

Von E. M a c h.

Ein griechischer Philosoph meinte, die Leute, welche über die Natur des Mondes sich den Kopf zerbrächen, kämen ihm vor, wie Menschen, welche die Verfassung und Einrichtung einer fernen Stadt besprächen, von der sie doch kaum mehr als den blossen Namen gehört. Der wahre Philosoph, sagt er, müsse seinen Blick nach innen wenden, sich und seine Begriffe von Moral studiren, daraus würde er wirklichen Nutzen ziehn. Dieses altclassische Recept glücklich zu werden, liesse sich in die deutsche Philistersprache etwa so übersetzen: *Bleibe im Lande und nähre dich redlich.*

Wenn nun dieser Philosoph aufstehen und wieder unter uns wandeln könnte, so würde er sich wundern, wie ganz anders die Dinge heute stehn.

Die Bewegungen des Mondes und anderer Weltkörper sind genau bekannt. Die Kenntniss der Bewegungen unseres eigenen Körpers ist lange noch nicht so vollendet. — Die Gebirge und Gegenden des Mondes sind in genauen Karten verzeichnet. Eben fangen die Physiologen erst an, in den Gegenden unseres Hirns sich zurecht zu finden. Die chemische Beschaffenheit vieler Fixsterne ist bereits untersucht. Die chemischen Vorgänge des Thierkörpers sind viel complicirtere und schwierigere Fragen. — Die *mécanique celeste* ist da. Eine *mécanique sociale* oder eine *mécanique morale* von gleicher Zuverlässigkeit bleibt noch zu schreiben.

In der That unser Philosoph würde eingestehen, dass wir Menschen Fortschritte gemacht. Allein wir haben sein Recept nicht befolgt. Der

Patient ist gesund geworden, er hat aber beiläufig das Gegentheil von dem gethan, was der Herr Doctor verordnet.

Die Menschen sind nun von der ihnen entschieden widerrathenen Reise in den Weltraum etwas klüger zurückgekehrt. Nachdem sie die einfachen grossen Verhältnisse dort draussen im Reich kennen gelernt, fangen sie an ihr kleines verzacktes Ich mit kritischem Auge zu mustern. Es klingt absurd, ist aber wahr, nachdem wir über den Mond speculirt, können wir an die Psychologie gehn. Wir mussten einfache und klare Ideen gewinnen, um uns in dem Complicirten zurecht zu finden, und diese hat uns hauptsächlich die Astronomie verschafft.

Eine Schilderung der gewaltigen wissenschaftlichen Bewegung, welche von der Naturwissenschaft ausgehend sich in das Gebiet der Psychologie erstreckt, hier zu versuchen wäre Vermessenheit. Ich will es nur wagen, Ihnen an einigen der einfachsten Beispielen zu zeigen, wie man von den Erfahrungen der physischen Welt ausgehend in das Gebiet der Psychologie und zwar zuerst in das nächstliegende der Sinneswahrnehmung eindringen kann. Auch soll meine Auseinandersetzung keineswegs einen Maasstab für den Stand derartiger wissenschaftlicher Fragen abgeben.

---

Es ist eine bekannte Thatsache, dass manche Gegenstände uns gefallen, andere nicht. Im Allgemeinen gibt ein Produciren nach einer bestimmten consequent festgehaltenen Regel etwas leidlich hübsches. Wir sehen deshalb die Natur selbst, welche immer nach festen Regeln handelt, eine Masse solcher gefälliger Dinge hervorbringen. Täglich fallen dem Physiker in seinem Laboratorium die schönsten Schwingungsfiguren, Klangfiguren, Polarisationserscheinungen und Beugungsgestalten auf.

Eine Regel setzt immer eine Wiederholung voraus. Es ist also Wiederholung, was angenehm ist. Hiemit ist freilich das Wesen des Angenehmen nicht erschöpft. Die Wiederholung eines physikalischen Vorganges kann nur dann zur Quelle des Angenehmen werden, wenn sie auch mit einer Wiederholung der Empfindung verbunden ist.

Ein Beispiel dafür, dass Wiederholung der Empfindung angenehm sein kann, bietet das Schreibheft jedes Schuljungen, welches eine Fundgrube für dergleichen Dinge ist und in der That nur eines Abbé Domenech bedarf, um berühmt zu werden. Irgend eine noch so abgeschmackte Gestalt einigemal wiederholt und in eine Reihe gestellt gibt immer einen erträglichen Fries.

Die angenehmste Wirkung der Symmetrie beruht nun ebenfalls auf der Wiederholung der Empfindungen.

Verschaffen wir uns zunächst eine deutliche Vorstellung von der Symmetrie. Hierzu ziehe ich aber ein lebendiges Bild einer Definition vor. Sie wissen, dass das Spiegelbild eines Gegenstandes eine grosse Ähnlichkeit mit dem Gegenstande selbst hat. Alle Grössenverhältnisse und Formen sind dieselben. Doch besteht zwischen dem Gegenstande und seinem Spiegelbild auch ein gewisser Unterschied.

Stellen sie ihre rechte Hand vor den Spiegel, so erblicken sie in demselben eine linke Hand. Ihr rechter Handschuh ergänzt sich vor dem Spiegel zu einem Paare, denn sie könnten nimmermehr das Spiegelbild zur Bekleidung der rechten, sondern nur der linken Hand benützen, wenn es ihnen leibhaftig präsentirt würde. Ebenso gibt ihr rechtes Ohr als Spiegelbild ein linkes und sehr leicht gelangen sie zu der Einsicht, dass überhaupt die linke Körperhälfte als Spiegelbild der rechten gelten könnte.

So wie nun an die Stelle eines fehlenden rechten Ohres niemals ein linkes gesetzt werden könnte, man müsste denn das Ohrfläppchen nach oben oder die Oeffnung der Ohrmuschel nach hinten gekehrt, das Ohr ansetzen; so kann auch trotz aller Formgleichheit das Spiegelbild eines Gegenstandes nicht den Gegenstand vertreten.

Diese Verschiedenheit von Gegenstand und Spiegelbild hat einen einfachen Grund. Das Bild erscheint so weit hinter dem Spiegel als der Gegenstand sich vor dem Spiegel befindet. Die Theile des Gegenstandes, welche gegen den Spiegel hin rücken, werden also auch im Bilde näher an die Spiegelebene heranrücken. Dadurch wird aber die Folge der Theile im Spiegelbilde umgekehrt, wie man am besten an dem Bilde eines Uhrzifferblattes oder einer Schrift sieht.

Man kann nun leicht bemerken, dass wenn man einen Punkt des Gegenstandes mit dem Spiegelbild desselben Punktes verbindet, diese Verbindungslinie senkrecht zum Spiegel ausfällt und durch denselben halbirt wird. Dies gilt für alle entsprechende Punkte von Gegenstand und Spiegelbild.

Wenn man nun einen Gegenstand durch eine Ebene so in zwei Hälften zerlegen kann, dass jede Hälfte das Spiegelbild des andern in der spiegelnden Theilungsebene sein könnte, so nennt man diesen Gegenstand symmetrisch und die erwähnte Theilungsebene die Symmetrieebene.

Ist die Symmetrieebene vertical, so kann man sagen, der Körper sei von verticaler Symmetrie. Ein Beispiel dafür ist ein gothischer Dom.

Ist die Symmetrieebene horizontal, so wollen wir den betreffenden Gegenstand horizontal symmetrisch nennen. Eine Landschaft an einem See nebst ihrem Spiegelbilde in dem See ist ein System von horizontaler Symmetrie.

Hier zeigt sich nun sofort ein bemerkenswerther Unterschied. Die

verticale Symmetrie eines gothischen Domes fällt uns sofort auf, während man am Rhein auf und ab reisen kann, ohne die Symmetrie zwischen Bild und Gegenstand gewahr zu werden. Die Verticalsymmetrie ist gefällig, während die Horizontalsymmetrie gleichgiltig ist und nur von dem erfahrenen Auge bemerkt wird.

Woher kommt dieser Unterschied? Ich sage daher, dass die Verticalsymmetrie eine Wiederholung derselben Empfindung bedingt, die Horizontalsymmetrie nicht. Dass dem so sei, will ich sofort nachweisen.

Betrachten wir folgende Buchstaben:

d b

q p

Es ist eine Müttern und Lehrern bekannte Thatsache, dass Kinder bei ihren ersten Schreib- und Leseversuchen d und b, ebenso q und p fort und fort verwechseln, nie hingegen d und q oder b und p. Nun sind d und b eben so wie q und p die beiden Hälften einer vertical symmetrischen, hingegen d und q so wie b und p die beiden Hälften einer horizontal symmetrischen Figur. Zwischen den ersteren tritt Verwechslung ein, was nur zwischen solchen Dingen möglich ist, welche gleiche oder ähnliche Empfindungen erregen.

Man findet häufig Figuren zur Garten- oder Salonverzierung, zwei Blumenträgerinnen, von welchen die eine mit der rechten, die andere mit der linken Hand den Blumenkorb trägt. Wenn man nun nicht sehr aufmerksam ist, verwechselt man diese Figuren fortwährend miteinander.

Während man die Umkehrung von rechts nach links meist gar nicht merkt, verhält sich das Auge nicht so gleichgiltig gegen eine Umkehrung von oben nach unten. Ein von oben nach unten umgekehrtes menschliches Gesicht ist kaum als solches wiederzuerkennen und hat etwas durchaus Fremdes. Dies liegt nicht nur in der Ungewohntheit des Anblickes, denn es ist ebenso schwer eine umgekehrte Arabeske, bei welcher die Gewohnheit gar nichts zu sagen hat, wiederzuerkennen. Hierauf beruhen die bekannten Scherze, welche man sich mit den Portraits unbeliebter Persönlichkeiten erlaubt, die man so zeichnet, dass bei aufrechter Stellung des Blattes sich ein getreues Conterfei, bei Umkehrung desselben aber irgend ein populäres Thier präsentirt.

Es ist also Thatsache, die beiden Hälften einer vertical symmetrischen Figur werden sehr leicht mit einander verwechselt und bedingen also wahrscheinlich sehr ähnliche Empfindungen. Es handelt sich also da nur anzugeben, warum die beiden Hälften einer vertical symmetrischen Figur gleiche oder ähnliche Empfindungen hervorbringen. Die Antwort darauf ist die:

Weil unser Sehapparat bestehend aus zwei Augen selbst vertical symmetrisch ist.

So ähnlich ein Auge auch äusserlich dem andern ist, so sind sie doch nicht gleich. Das rechte Auge des Menschen kann die Stelle des linken nicht vertreten, so wenig wie wir unsere beiden Ohren oder Hände vertauschen können. Man kann künstlich die Rolle der beiden Augen vertauschen und befindet sich dann sofort in einer neuen ganz ungewohnten Welt. Alles Erhabene erscheint uns dann hohl und alles Hohle erhaben, das Fernere näher, das Nähere ferner u. s. w.

Das linke Auge ist das Spiegelbild des rechten und namentlich ist die lichtempfindende Netzhaut des linken Auges in allen ihren Einrichtungen ein Spiegelbild der rechten Netzhaut.

Die Linse des Auges entwirft wie eine *laterna magica* ein Bild der Gegenstände auf der Netzhaut. Und sie können sich nun die lichtempfindende Netzhaut mit ihren unzähligen Nerven wie eine Hand mit unzähligen Fingern denken, bestimmt das Lichtbild zu tasten. Die Nervenenden sind nun wie die Finger von verschiedener Empfindlichkeit. Die beiden Netzhäute verhalten sich wie eine rechte und linke tastende Hand.

Denken sie sich etwa die rechte Hälfte eines T hier:  $\Gamma$ . Statt der beiden Netzhäute, auf welche beide dieses Bild fällt, denken sie sich meine beiden ausgestreckten tastenden Hände. Das  $\Gamma$  mit der rechten Hand angefasst gibt nun eine andere Empfindung als mit der linken Hand gefasst, denn es kommt auch auf die tastenden Stellen an. Kehren wir nun dieses Zeichen von rechts nach links um ( $\Gamma$ ), so gibt es nun dieselbe Empfindung in der linken Hand, die es früher in der rechten gab. Es wiederholt sich die Empfindung.

Nehmen wir ein ganzes T, so gibt die rechte Hälfte der rechten Hand dieselbe Empfindung, welche die linke Hälfte der linken Hand gibt.

Die symmetrische Figur gibt dieselbe Empfindung zweimal.

Stürze ich das T so:  $\equiv$  oder kehre ich das halbe T nun etwa so: L; so kann ich, so lange ich die Lage meiner Hände nicht wesentlich verändere, diese Betrachtung nicht mehr anwenden.

Die Netzhäute sind in der That ganz wie meine beiden Hände. Auch sie haben eine Art Daumen, wenn gleich zu Tausenden und Zeigefinger, wenn gleich wieder zu Tausenden, sagen wir etwa die Daumen nach der Nasen — die übrigen Finger nach der Aussenseite zu.\*)

Ich hoffe Ihnen hiermit vollständig klar gemacht zu haben, wie die

\*) Mach, Fichte's Zeitschr. f. Philosophie 1864.

gefällige Wirkung der Symmetrie auf Wiederholung der Empfindung beruht und wie ferner diese Wirkung bei symmetrischen Gestalten auch nur da eintritt, wo es eine Wiederholung der Empfindung gibt. Die angenehme Wirkung regelmässiger Gestalten, der Vorzug, welcher den geraden Linien, namentlich den verticalen und horizontalen vor beliebigen andern eingeräumt wird, beruht auf einem ähnlichen Grunde.

Alles das gründet sich auf die eigenthümliche Structur unserer Augen. Man sieht leicht ein, dass unsere Vorstellungen von schön und unschön sofort eine Veränderung erfahren müssten, wenn unsere Augen anders würden. Ist die ganze Betrachtung richtig, so wird man nothwendig an dem sogenannten ewig Schönen etwas irre. Es ist dann kaum zu glauben, dass die Cultur, welche dem Menscheuleib ihren unverkennbaren Stempel aufprägt, nicht auch die Vorstellungen vom Schönen ändern sollte. Musste doch ehemals alles musikalisch Schöne sich in dem engen Rahmen einer fünftönigen Leiter entwickeln.

Die Erscheinung, dass Wiederholung der Empfindungen angenehm wirkt, beschränkt sich nicht auf das Sichtbare. Der Musiker und der Physiker wissen heute beide, dass die harmonische oder melodische Hinzufügung eines Klanges zu einem andern dann angenehm berührt, wenn der neu hinzugefügte Klang einen Theil der Empfindung wiedergibt, welche der frühere erregt. Wenn ich zum Grundtone die Octave hinzufüge, so höre ich in der Octave einen Theil dessen, was im Grundtone zu hören ist. Dies hier genauer auszuführen ist jedoch nicht mein Zweck. Wir wollen uns vielmehr für heute die Frage vorlegen, ob etwas Aehnliches wie die Symmetrie der Gestalten nicht auch im Reiche der Töne vorkommt.

Betrachten Sie ein Clavier im Spiegel.

Sie werden leicht bemerken, dass sie ein solches Clavier in Wirklichkeit noch nicht gesehen haben, denn es hat seine hohen Töne links, seine tiefen rechts. Ein solches Clavier wird nicht gebaut.

Wenn sie nun an ein solches Spiegelclavier hintreten und in ihrer gewöhnlichen Weise spielen wollten, so würde offenbar jeder Tonschritt, den sie nach oben auszuführen meinen, ein ebenso grosser Tonschritt nach unten sein. Der Effect wäre nicht wenig überraschend.

Für den geübten Musiker, welcher gewöhnt ist beim Anschlag bestimmter Tasten auch bestimmte Töne zu vernehmen, ist es schon ein sehr frappantes Schauspiel, dem Spieler im Spiegel zuzusehen, und zu beobachten, wie er gerade immer das Gegentheil von dem thut, was man hört.

Noch merkwürdiger aber wäre der Effect, wenn sie versuchen würden auf dem Spiegelclavier eine Harmonie anzuschlagen. Für die Melodie ist

# Beilage zur Zeitschrift LOTOS 1871.

The image displays a musical score for piano accompaniment, organized into eight numbered systems. Each system consists of two staves, with the upper staff in bass clef and the lower staff in bass clef. The notation includes chords, single notes, and melodic lines. System 1 shows two systems of chords. System 2 shows two systems of chords. System 3 shows two systems of chords. System 4 shows two systems of chords. System 5 shows two systems of chords. System 6 shows two systems of chords. System 7 shows two systems of melodic lines. System 8 shows two systems of melodic lines.

1. 2.

3. 4.

5. 6.

7. 8.

es nicht einerlei, ob ich einen Tonschritt hinauf oder den gleichen hinab ausführe. Für die Harmonie kann ein so grosser Unterschied durch die Umkehrung nicht entstehen. Ich behalte immer die gleiche Consonanz, ob ich zu einem Grundton eine Ober- oder Unterterz hinzufüge. Nur die Ordnung der Intervalle einer Harmonie wird umgekehrt.

In der That wenn wir auf dem Spiegelclavier einen Gang in Dur ausführen, vernehmen wir einen Klang in Moll und umgekehrt.

Es handelt sich nun darum, die besprochenen Experimente auszuführen. Statt nun auf dem Clavier im Spiegel zu spielen, was unmöglich ist, oder statt uns ein solches Clavier bauen zu lassen, was ziemlich kostspielig wäre, können wir unsere Versuche einfacher auf folgende Art anstellen:

1. Wir spielen auf unserem gewöhnlichen Clavier, sehen in den Spiegel und spielen auf demselben Clavier nochmals, was wir in dem Spiegel gesehen haben. Dadurch verwandeln wir alle Tonschritte nach oben in gleich grosse Tonschritte nach unten. Wir spielen einen Satz und dann den in Bezug auf die Tastatur symmetrischen Satz.

2. Wir legen unter das Notenblatt einen Spiegel, in welchem sich die Noten wie in einer Wasserfläche abbilden und spielen aus dem Spiegel. Dadurch werden ebenfalls alle Schritte nach oben in gleich grosse Schritte nach unten umgekehrt.

3. Wir kehren das Noteublatt um und lesen von rechts nach links und von unten nach oben. Hiebei haben wir alle Kreuze als b und alle b als  $\sharp$  anzusehen, weil sie halben Linien und Zwischenräumen entsprechen. Ausserdem kann man bei Verwendung des Notenblattes nur den Bassschlüssel gebrauchen, weil in diesem allein die Tonschritte beider symmetrischen Umkehrung nicht verändert werden.

Aus den in der Beilage folgenden Beispielen können sie den Effect dieser Experimente entnehmen. Die obere Zeile enthält den einen, die untere Zeile den symmetrisch umgekehrten Satz.

Die Wirkung unseres Verfahrens lässt sich kurz bezeichnen. Die Melodie wird unkenntlich, die Harmonie erfährt eine Transposition aus Dur in Moll oder umgekehrt. Das Studium dieser hübschen Thatsache, welches schon lange Zeit den Physikern und Musikern bekannt ist, wurde in neuester Zeit wieder durch v. Oettingen angeregt.

Ogleich ich nun in allen obigen Beispielen die Schritte nach oben in gleich grosse nach unten verkehrt, also wie man mit Recht sagen kann, zu jedem Satz den symmetrischen gespielt habe; so merkt das Ohr doch wenig oder nichts von Symmetrie. Die Umkehrung aus Dur in Moll ist die einzige Andeutung der Symmetrie, welche übrig bleibt. Die Symmetrie

ist da für den Verstand, sie fehlt für die Empfindung. Für das Ohr gibt es keine Symmetrie, weil eine Umkehrung der Tonschritte keine Wiederholung der Empfindung bedingt. Hätten wir ein Ohr für die Höhe und eines für die Tiefe, wie wir ein Auge für rechts und eines für links haben, so würden sich auch symmetrische Tongebilde hiezu finden. Der Gegensatz von Dur und Moll beim Ohr entspricht einer Umkehrung von oben nach unten beim Auge, welche auch bloss für den Verstand Symmetrie ist, aber nicht als solche empfunden wird.

Zur Vervollständigung des Ganzen will ich für den mathematisch gebildeten Theil meines verehrten Publicums noch eine kurze Bemerkung hinzufügen.

Unsere Notenschrift ist im Wesentlichen eine graphische Darstellung des Musikstückes in Form von Curven, wobei die Zeit als Abscisse, der Logarithmus der Schwingungszahl als Ordinate aufgetragen wird. Die Abweichungen der Notenschrift von diesem Principe sind nur solche, welche entweder die Uebersicht erleichtern, oder einen historischen Grund haben.

Wenn man nun noch bemerkt, dass auch die Empfindung der Tonhöhe proportional geht dem Logarithmus der Schwingungszahl, so wie dass die Tastenabstände den Differenzen der Logarithmen der Schwingungszahlen entsprechen; so liegt darin die Berechtigung, die im Spiegel gelesenen Harmonien und Melodien symmetrisch zu den Originalen zu nennen.

---

Ich wollte Ihnen durch diese höchst fragmentarische Auseinandersetzung nur zu Gemüthe führen, dass die Fortschritte der Naturwissenschaften für jene Theile der Psychologie, die es nicht verschmäht haben sich mit denselben in Beziehung zu setzen, nicht ohne Nutzen geblieben sind. Dafür fängt aber auch die Psychologie an, die mächtigen Anregungen, welche sie von der Naturwissenschaft erhalten hat, gleichsam wie zum Danke zurückzugeben.

Jene Theorien der Physik, welche alle Erscheinungen auf Bewegung und Gleichgewicht kleinster Theile zurückführen, die sogenannten Moleculartheorien sind durch die Fortschritte der Theorie der Sinne und des Raumes bereits etwas ins Schwanken gerathen und man kann sagen, dass ihre Tage gezählt seien.

Ich habe anderwärts gezeigt\*), dass die Tonreihe nichts weiter sei, als eine Art Raum, jedoch von einer einzigen (und zwar einseitigen) Di-

---

\*) Vergl. Mach, zur Theorie d. Gehörorgans. Wiener Akademie 1863.

mension. Wenn nun jemand, der bloß hören würde, versuchen wollte sich eine Weltanschauung in seinem linearen Raume zu entwickeln; so würde er damit beträchtlich zu kurz kommen, indem sein Raum nicht im Stande wäre die Vielseitigkeit der wirklichen Beziehung zu fassen. — Es ist aber nicht mehr berechtigt, wenn wir meinen die gesammte Welt, auch soweit sie nicht gesehen werden kann, in den Raum unseres Auges pressen zu können.\*) In diesem Falle befinden sich aber sämtliche Moleculartheorien. Wir besitzen einen Sinn, welcher in Bezug auf die Vielseitigkeit der Beziehungen, welche er fassen kann, reicher ist als jeder andere. Es ist unser Verstand. Dieser steht über den Sinnen. Er allein ist im Stande eine dauerhafte und ausreichende Weltanschauung zu begründen. Die mechanische Weltanschauung hat seit Galilei Gewaltiges geleistet. Doch wird sie jetzt einem freieren Blicke Platz machen müssen.\*\*\*) Das hier weiter auszuführen kann nicht meine Absicht sein.

Ich wollte Ihnen nur einen andern Punkt klar machen. Jene Weisung unseres citirten Philosophen, sich auf das Nächstliegende und Nützliche beim Forschen zu beschränken, welche in dem heutigen Ruf der Forscher nach Selbstbeschränkung und Theilung der Arbeit einigermaßen einen Wiederklang findet — es ist nicht immer Zeit sie zu befolgen. Wir quälen uns in unserer Stube vergebens ab, ein Werk zu Stande zu bringen und die Mittel es zu vollenden liegen vielleicht vor der Thüre.

Muss der Forscher schon ein Schuster sein, der stets an seinem Leisten klopft, so darf er doch vielleicht ein Schuster sein wie Hans Sachs, der es nicht verschmäh't nach des Nachbars Werk zu sehen und drüber seine Glossen macht. Dies zu meiner Entschuldigung, wenn ich mir für heute erlaubt über meinen Leisten hinweg zu sehen.

---

## Literatur - Berichte.

**Chemie.** \* Ein interessanter Vortrag wurde im Laufe dieses Jahres von Olding in der Royal Institution über die wiederauflebende Phlogiston-Theorie gehalten. Wir heben folgende wesentliche Punkte aus dieser bemerkenswerthen Rede hervor: Wenn Kohle zu Kohlensäure verbrennt, so besitzt die letztere nicht mehr die Fähigkeit Wärme zu geben,

---

\*) Mach, Fichte's Zeitschrift für Philosophie 1866.

\*\*) Dieser wird von selbst dazu führen, dass man die Abhängigkeit der Naturerscheinungen von einander statt räumlich und zeitlich durch blosse Zahlenbeziehungen ausdrückt.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Lotos - Zeitschrift fuer Naturwissenschaften](#)

Jahr/Year: 1871

Band/Volume: [21](#)

Autor(en)/Author(s): Mach E.

Artikel/Article: [Ueber die physikalische Bedeutung der Gesetze der Symmetrie.  
139-147](#)