

10

600

DIE
ÖKONOMISCHE NATUR
DER
PHYSIKALISCHEN FORSCHUNG.

VORTRAG

GEHALTEN IN DER

FEIERLICHEN SITZUNG DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

AM

XXV. MAI MDCCLXXXII

VON

ERNST MACH,

WIRKLICHEM MITGLIEDE DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

WIEN.

AUS DER K. K. HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN COMMISSION BEI KARL GEROLD'S SOHN,
BUCHHÄNDLER DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

1882.

232



G. 1180.

<http://rcin.org.pl>

Wenn das Denken mit seinen begrenzten Mitteln versucht, das reiche Leben der Welt wiederzuspiegeln, von dem es selbst nur ein kleiner Theil ist, und das zu erschöpfen es niemals hoffen kann, so hat es alle Ursache, mit seinen Kräften sparsam umzugehen. Daher der Drang der Philosophie aller Zeiten, mit wenigen organisch gegliederten Gedanken die Grundzüge der Wirklichkeit zu umfassen. „Das Leben versteht den Tod nicht, und der Tod versteht das Leben nicht.“ So spricht ein alter Philosoph. Gleichwohl war man, die Summe des Unbegreiflichen zu mindern, unablässig bemüht, den Tod durch das Leben und das Leben durch den Tod zu verstehen.

Von menschlich empfindenden Dämonen erfüllt finden wir die Natur bei den alten Culturvölkern. Die animistische Naturansicht, wie sie der Culturforscher Tylor¹⁾ treffend und bezeichnend genannt hat, theilt der Fetischneger des heutigen Afrika im Wesentlichen mit den hochstehenden Völkern des Alterthums. Nie hat sich diese Auffassung ganz verloren. Nicht der jüdische, nicht der christliche Monotheismus haben sie jemals vollständig überwunden. Sie nimmt sogar drohende pathologische Dimensionen an im Hexen- und Aberglauben des XVI. und XVII. Jahrhunderts, in der Zeit des Aufschwunges der Naturwissenschaft. Während Stevin,

¹⁾ Die Anfänge der Cultur. Leipzig. Winter. 1873.

Kepler und Galilei bedächtigt Stein an Stein fügen zu dem heutigen Bau der Naturwissenschaft, zieht man voll Grausamkeit und Entsetzen zu Felde mit Folter und Feuerbrand gegen die Teufel, die überall hervorlugen. Ja auch heute noch, abgesehen von allen Ueberlebseln aus jener Zeit, abgesehen von allen Spuren des Fetischismus in unseren physikalischen Begriffen, ¹⁾ leben diese Vorstellungen noch fort, wenn auch halb latent und verschüchtert in dem Treiben der modernen Spiritisten.

Neben dieser animistischen Anschauung, erhebt sich zeitweilig in verschiedenen Formen, von Demokrit bis zur Gegenwart, mit dem gleichen Anspruch, die Welt allein zu begreifen, die Ansicht, die wir allgemeinverständlich die physikalisch-mechanische nennen wollen. Dass dieselbe heute die erste Stimme hat, dass sie die Ideale und den Charakter unserer Zeit bestimmt, kann nicht zweifelhaft sein. Es war eine grosse ernüchternde Culturbewegung, durch welche die Menschheit im XVIII. Jahrhundert zur vollen Besinnung kam. Sie schuf das leuchtende Vorbild eines menschenwürdigen Daseins zur Ueberwindung der alten Barbarei auf praktischem Gebiete; sie schuf die Kritik der reinen Vernunft, welche die begrifflichen Truggestalten der alten Metaphysik ins Reich der Schatten verwies; sie drückte der physikalisch-mechanischen Naturansicht die Zügel in die Hand, die sie heute führt.

Wie ein begeisterter Toast auf die wissenschaftliche Arbeit des XVIII. Jahrhunderts klingen uns die oft angeführten Worte des grossen Laplace ²⁾: „Eine Intelligenz, welcher

¹⁾ Tylor, a. a. O.

²⁾ *Essai philosophique sur les probabilités*, 6^{me} ed. Paris 1840, p. 4. In dieser Formulirung fehlt die nothwendige Berücksichtigung der Anfangsgeschwindigkeiten.

für einen Augenblick alle Kräfte der Natur und die gegenseitigen Lagen aller Massen gegeben würden, wenn sie im übrigen umfassend genug wäre, diese Angaben der Analyse zu unterwerfen, könnte mit derselben Formel die Bewegung der grössten Massen und der kleinsten Atome begreifen; nichts wäre ungewiss für sie, die Zukunft und die Vergangenheit läge offen vor ihren Augen.“ Laplace hat nachweislich bei seinen Worten auch an die Atome des Gehirns gedacht. Ausdrücklicher noch haben dies manche seiner Nachfolger gethan, und im Ganzen möchte das Laplace'sche Ideal der überwiegenden Mehrzahl der heutigen Naturforscher kaum fremd sein.

Freudig gönnen wir dem Schöpfer der *mécanique céleste* das erhebende Gefühl, welches ihm die mächtig wachsende Aufklärung erregt, der auch wir unsere geistige Freiheit danken. Allein heute bei ruhigem Gemüth und vor neue Arbeit gestellt, ziemt es der physikalischen Forschung, sich durch Erkenntniss ihrer Natur vor Selbsttäuschung zu schützen, um dafür aber desto sicherer ihre wahren Ziele verfolgen zu können. Wenn ich nun in der folgenden Erörterung, für die ich mir Ihre geneigte Aufmerksamkeit erbitte, zuweilen die engeren Grenzen meines Faches überschreite und auf befreundetes Nachbargebiet übertrete, so wird es mir gewiss zur Entschuldigung dienen, dass der Stoff allen Gebieten gemeinsam und scharfe unverrückbare Marksteine überhaupt nicht gelegt sind.

Der Glaube an geheime Zaubermächte in der Natur ist allmählig geschwunden; dafür hat sich aber ein neuer Glaube verbreitet, jener an die Zaubergewalt der Wissenschaft. Wirft doch diese, und nicht wie eine launische Fee nur den Begün-

stigten, sondern der ganzen Menschheit, Schätze in den Schoss, wie sie kein Märchen erträumen konnte. Kein Wunder also, wenn ferner stehende Verehrer ihr zutrauen, dass sie im Stande sei, unergründliche, unseren Sinnen unzugängliche Tiefen der Natur zu erschliessen. Sie aber, die zur Erhellung in die Welt gekommen, kann jedes mystische Dunkel, jeden prunkvollen Schein, dessen sie zur Rechtfertigung ihrer Ziele und zum Schmucke ihrer offen daliegenden Leistungen nicht bedarf, ruhig von sich weisen.

Am besten werden die bescheidenen Anfänge der Wissenschaft uns deren einfaches, sich stets gleich bleibendes Wesen enthüllen. Halbbewusst und unwillkürlich erwirbt der Mensch seine ersten Naturerkenntnisse, indem er instinctiv die Thatsachen in Gedanken nachbildet und vorbildet, indem er die trägere Erfahrung durch den schnellen beweglichen Gedanken ergänzt, zunächst nur zu seinem materiellen Vortheile. Er construirt wie das Thier zum Geräusch im Gestrüppe den Feind, den er fürchtet, zur Schale den Kern der Frucht, welchen er sucht, nicht anders als wir zur Spectrallinie den Stoff, zur Reibung des Glases den elektrischen Funken in Gedanken vorbilden. Die Kenntniss der Causalität in dieser Form reicht gewiss tief unter die Stufe, welche Schopenhauer's Lieblingshund einnimmt, dem er diese Kenntniss zuschrieb. Sie reicht wohl durch die ganze Thierwelt und bestätigt das Wort des kräftigen Denkers von dem Willen, der sich den Intellect für seine Zwecke schuf. Diese ersten psychischen Functionen wurzeln in der Oekonomie des Organismus nicht minder fest als Bewegung und Verdauung. Dass wir in denselben auch die elementare Macht einer längst geübten logischen und physiologischen Handlung fühlen, die wir als Erbstück von unseren Vorfahren überkommen haben, wer wollte das läugnen?

Diese ersten Erkenntnissacte bilden auch heute noch die stärkste Grundlage alles wissenschaftlichen Denkens. Unsere instinctiven Kenntnisse, wie wir sie kurz nennen wollen, treten uns eben vermöge der Ueberzeugung, dass wir bewusst und willkürlich nichts zu denselben beigetragen haben, mit einer Autorität und logischen Gewalt entgegen, die bewusst und willkürlich erworbene Kenntnisse aus wohlbekannter Quelle und von leicht erprobter Fehlbarkeit niemals erreichen. Alle sogenannten Axiome sind solche instinctive Erkenntnisse. Nicht das mit Bewusstsein Erworbene allein, sondern der stärkste intellectuelle Instinct, verbunden mit bedeutender begrifflicher Kraft, machen den grossen Forscher aus. Die wichtigsten Fortschritte haben sich stets ergeben, wenn es gelang, instinctiv längst Erkanntes in klare begriffliche, also mittheilbare Form zu bringen, und so dem bleibenden Eigenthume der Menschheit hinzuzulegen. Durch Newton's Satz der Gleichheit von Druck und Gegendruck, dessen Giltigkeit jeder gefühlt, den aber vor ihm Niemand begrifflich gefasst hat, wurde die Mechanik mit einemmal auf eine höhere Stufe gehoben. Leicht liesse sich die Behauptung noch an den wissenschaftlichen Thaten von Stevin, S. Carnot, Faraday, J. R. Mayer u. A. historisch rechtfertigen.

Was wir besprochen, betrifft den Boden, dem die Wissenschaft entspriess. Ihre eigentlichen Anfänge treten erst auf in der Gesellschaft, und besonders im Handwerk, mit der Nothwendigkeit der Mittheilung von Erfahrung. Erst da, wie dies mancher Autor schon empfunden, ergibt sich der Zwang, die wichtigen und wesentlichen Züge einer Erfahrung zum Zwecke der Bezeichnung und Uebertragung sich klar zum Bewusstsein zu bringen. Was wir Unterricht nennen, bezweckt lediglich Ersparniss an Erfahrung eines Menschen durch jene eines anderen.

Die wunderbarste Oekonomie der Mittheilung liegt in der Sprache. Dem gegossenen Letternsatze vergleichbar, welcher, die Wiederholung der Schriftzüge ersparend, den verschiedensten Zwecken dient, den wenigen Lauten ähnlich, aus denen die verschiedensten Worte sich bilden, sind die Worte selbst. Mosaikartig setzt die Sprache und das mit ihr in Wechselbeziehung stehende begriffliche Denken das Wichtigste fixirend, das Gleichgiltige übersehend, die starren Bilder der flüssigen Welt zusammen, mit einem Opfer an Genauigkeit und Treue zwar, dafür aber mit Ersparniss an Mitteln und Arbeit. Wie der Clavierspieler mit einmal vorbereiteten Tönen, erregt der Redner im Hörer einmal für viele Fälle vorbereitete Gedanken, die mit grosser Geläufigkeit und geringer Mühe dem Rufe folgen.

Die Grundsätze, welche der ausgezeichnete Wirthschaftsforscher E. Herrmann für die Oekonomie der Technik als gültig betrachtet, sie finden auch volle Anwendung auf dem Gebiete der gemeinen und der wissenschaftlichen Begriffe. Gesteigert ist natürlich die Oekonomie der Sprache in der wissenschaftlichen Terminologie. Und was die Oekonomie der schriftlichen Mittheilung betrifft, so ist kaum zu zweifeln, dass eben die Wissenschaft den schönen alten Traum der Philosophen von einer internationalen Universalbegriffsschrift verwirklichen wird. Nicht mehr allzuferne liegt diese Zeit. Die Zahlzeichen, die Zeichen der mathematischen Analyse, die chemischen Symbole, die musikalische Notenschrift, der sich eine entsprechende Farbenschrift leicht zur Seite stellen liesse, die Brücke'sche phonetische Schrift sind wichtige Anfänge. Sie werden consequent erweitert und verbunden mit dem, was die schon vorhandene chinesische Begriffsschrift lehrt, jedes besondere Erfinden und Decretiren einer Universalschrift überflüssig machen.

Die wissenschaftliche Mittheilung enthält stets die Beschreibung d. i. die Nachbildung einer Erfahrung in Gedanken, welche Erfahrung ersetzen und demnach ersparen soll. Die Arbeit des Unterrichts und des Lernens selbst wieder zu sparen, entsteht die zusammenfassende Beschreibung. Nichts anderes sind Naturgesetze. Wenn wir uns etwa den Werth der Schwerebeschleunigung und das Galilei'sche Fallgesetz merken, so besitzen wir eine sehr einfache und compendiöse Anweisung, alle vorkommenden Fallbewegungen in Gedanken nachzubilden. Eine solche Formel ist ein vollständiger Ersatz für eine noch so ausgedehnte Tabelle, die vermöge der Formel jeden Augenblick in leichtester Weise hergestellt werden kann, ohne das Gedächtniss im geringsten zu belasten.

Die verschiedenen Fälle der Lichtbrechung könnte kein Gedächtniss fassen. Merken wir uns aber die Brechungsexponenten für die vorkommenden Paare von Medien und das bekannte Sinusgesetz, so können wir jeden beliebigen Fall der Brechung ohne Schwierigkeit in Gedanken nachbilden oder ergänzen. Der Vortheil besteht in der Entlastung des Gedächtnisses, welche noch durch schriftliche Aufbewahrung der Constanten unterstützt wird. Mehr als den umfassenden und verdichteten Bericht über Thatsachen enthält ein solches Naturgesetz nicht. Ja es enthält im Gegentheil immer weniger als die Thatsache selbst, weil dasselbe nicht die ganze Thatsache, sondern nur die für uns wichtige Seite derselben nachbildet, indem absichtlich oder nothgedrungen von Vollständigkeit abgesehen wird. Die Naturgesetze sind intellectuellen, theils beweglichen, theils stereotypen Lettersätzen höherer Ordnung vergleichbar, welche letztere bei neuen Auflagen von Erfahrung oft auch hinderlich werden können.

Wenn wir ein Gebiet von Thatsachen zum erstenmal überschauen, erscheint es uns mannigfaltig, ungleichförmig, verworren und widerspruchsvoll. Es gelingt zunächst nur, jede einzelne Thatsache ohne Zusammenhang mit den übrigen festzuhalten. Das Gebiet ist uns, wie wir sagen, unklar. Nach und nach finden wir die einfachen sich gleich bleibenden Elemente der Mosaik, aus welchen sich das ganze Gebiet in Gedanken zusammensetzen lässt. Sind wir nun so weit gelangt, überall in der Mannigfaltigkeit dieselben Thatsachen wieder zu erkennen, so fühlen wir uns in dem Gebiete nicht mehr fremd, wir überschauen es ohne Anstrengung, es ist für uns erklärt.

Erlauben Sie mir eine Erläuterung durch ein Beispiel. Kaum haben wir die geradlinige Fortpflanzung des Lichtes erfasst, stösst sich der gewohnte Lauf der Gedanken an der Brechung und Beugung. Kaum glauben wir mit einem Brechungsexponenten auszukommen, so sehen wir, dass für jede Farbe ein besonderer nöthig ist. Haben wir uns daran gewöhnt, dass Licht zu Licht gefügt die Helligkeit vergrössert, bemerken wir plötzlich einen Fall der Verdunkelung. Schliesslich erkennt man aber in der überwältigenden Mannigfaltigkeit der Lichterscheinungen überall die Thatsache der räumlichen und zeitlichen Periodicität des Lichtes und dessen von dem Stoffe und der Periode abhängige Fortpflanzungsgeschwindigkeit. Dieses Ziel, ein Gebiet mit dem geringsten Aufwand zu überschauen und alle Thatsachen durch einen Gedankenprocess nachzubilden, kann mit vollem Recht ein ökonomisches genannt werden.

Am meisten ausgebildet ist die Gedankenökonomie in jener Wissenschaft, welche die höchste formelle Entwicklung erlangt hat, welche auch die Naturwissenschaft so häufig zur Hilfe heranzieht, in der Mathematik. So sonderbar es klingen

mag, die Stärke der Mathematik beruht auf der Vermeidung aller unnöthigen Gedanken, auf der grössten Sparsamkeit der Denkoperationen. Schon die Ordnungszeichen, welche wir Zahlen nennen, bilden ein System von wunderbarer Einfachheit und Sparsamkeit. Wenn wir beim Multipliciren einer mehrstelligen Zahl durch Benützung des Einmaleins die Resultate schon ausgeführter Zähloperationen verwenden, statt sie jedesmal zu wiederholen, wenn wir bei Gebrauch von Logarithmentafeln, neu auszuführende Zähloperationen durch längst ausgeführte ersetzen und ersparen, wenn wir Determinanten verwenden, statt die Lösung eines Gleichungssystems immer von neuem zu beginnen, wenn wir neue Integralausdrücke in altbekannte zerlegen; so sehen wir hierin nur ein schwaches Abbild der geistigen Thätigkeit eines Lagrange oder Cauchy, der mit dem Scharfblick eines Feldherrn für neu auszuführende Operationen ganze Scharen schon ausgeführter eintreten lässt. Man wird keinen Widerspruch erheben, wenn wir sagen, die elementarste wie die höchste Mathematik sei ökonomisch geordnete, für den Gebrauch bereit liegende Zählerfahrung.

In der Algebra führen wir so weit als möglich formgleiche Zähloperationen ein für allemal aus, so dass nur ein Rest von Arbeit für jeden besonderen Fall übrig bleibt. Die Verwendung der algebraischen und analytischen Zeichen, die nur Symbole von auszuführenden Operationen sind, entsteht durch die Bemerkung, dass man den Kopf entlasten, für wichtigere, schwierigere Functionen sparen, und einen Theil der sich mechanisch wiederholenden Arbeit der Hand übertragen kann. Nur eine Consequenz dieser Methode, welche den ökonomischen Charakter derselben bezeichnet, ist die Construction von Rechenmaschinen. Der Erfinder einer solchen, der Mathematiker Babbage war wohl der erste, der dies

Verhältniss klar erkannt und, wenn auch nur flüchtig, in seinem Werke über Maschinen- und Fabrikenwesen berührt hat.

Wer Mathematik treibt, den kann zuweilen das unbehagliche Gefühl überkommen, als ob seine Wissenschaft, ja sein Schreibstift, ihn selbst an Klugheit überträfe, ein Eindruck, dessen selbst der grosse Euler nach seinem Geständnisse sich nicht immer erwehren konnte. Eine gewisse Berechtigung hat dieses Gefühl, wenn wir bedenken, mit wie vielen fremden oft vor Jahrhunderten gefassten Gedanken wir in geläufigster Weise operiren. Es ist wirklich theilweise eine fremde Intelligenz, die uns in der Wissenschaft gegenübersteht. Mit der Erkenntniss dieses Sachverhaltes erlischt aber wieder das Mystische und Magische des Eindruckes, zumal wir jeden der fremden Gedanken, sobald wir nur wollen, nachzudenken vermögen.

Physik ist ökonomisch geordnete Erfahrung. Nicht nur die Uebersicht des schon Erworbenen wird durch diese Ordnung ermöglicht, auch die Lücken und wünschenswerthen Ergänzungen treten wie in einer guten Wirthschaft klar hervor. Die Physik theilt mit der Mathematik die zusammenfassende Beschreibung, die kurze compendiöse, doch jede Verwechslung ausschliessende Bezeichnung der Begriffe, deren mancher wieder viele andere enthält, ohne dass unser Kopf dadurch belästigt erscheint. Jeden Augenblick aber kann der reiche Inhalt hervorgeholt, und bis zu voller sinnlicher Klarheit entwickelt werden. Welche Menge geordneter zum Gebrauch bereit liegender Gedanken fasst z. B. der Begriff Potential in sich. Kein Wunder also, dass mit Begriffen, die so viele fertige Arbeit schon enthalten, schliesslich einfach zu operiren ist.

Aus der Oekonomie der Selbsterhaltung wachsen also die ersten Erkenntnisse hervor. Die Mittheilung häuft die Er-

fahrungen vieler Individuen, die aber irgend einmal wirklich gemacht werden mussten, in einem auf. Sowohl die Mittheilung als das Bedürfniss des Einzelnen, seine Erfahrungssumme mit dem kleinsten Gedankenaufwand zu beherrschen, zwingt zu ökonomischer Ordnung. Hiemit ist aber auch die ganze räthselhafte Macht der Wissenschaft erschöpft. Im Einzelnen vermag sie uns nichts zu bieten, was nicht jeder in genügend langer Zeit auch ohne alle Methode finden könnte. Jede mathematische Aufgabe könnte durch directes Zählen gelöst werden. Es gibt aber Zähloperationen, die gegenwärtig in wenigen Minuten vollführt werden, welche aber ohne Methode vorzunehmen die Lebensdauer eines Menschen bei weitem nicht reichen würde. So wie ein Mensch allein auf seine Arbeit angewiesen, niemals ein merkliches Vermögen sammeln würde, sondern die Ansammlung der Arbeit vieler Menschen in einer Hand die Bedingung von Reichthum und Macht ist, so kann auch in endlicher Zeit und bei endlicher Kraft nur durch ausgesuchte Sparsamkeit in Gedanken, durch Häufung der ökonomisch geordneten Erfahrung Tausender in einem Kopfe ein nennenswerthes Wissen erlangt werden. So ist also alles, was Zauberei scheinen könnte, wie es ja genügend oft im bürgerlichen Leben auch vorkommt, nichts als vortreffliche Wirthschaft. Die Wirthschaft der Wissenschaft hat aber vor jeder andern das voraus, dass durch Häufung ihrer Reichthümer Niemand den geringsten Verlust erleidet. Darin liegt ihr Segen, ihre befreiende, erlösende Kraft.

Die Erkenntniss der ökonomischen Natur der Wissenschaft im allgemeinen mag uns nun behilflich sein, einige physikalische Begriffe leichter zu würdigen.

Was wir Ursache und Wirkung nennen, sind hervorstechende Merkmale einer Erfahrung, die für unsere Gedanken-

nachbildung wichtig sind. Ihre Bedeutung blasst ab, und übergeht auf andere neue Merkmale, sobald eine Erfahrung geläufig wird. Tritt uns die Verbindung solcher Merkmale mit dem Eindruck der Nothwendigkeit entgegen, so liegt dies nur daran, dass uns die Einschaltung längst bekannter Zwischenglieder, die also eine höhere Autorität für uns haben, oft gelungen ist. Die fertige Erfahrung im Setzen der Gedankenmosaik, mit welcher wir jedem neuen Fall entgegenkommen, hat Kant einen angeborenen Verstandesbegriff genannt.

Die imposantesten Sätze der Physik, lösen wir sie in ihre Elemente auf, unterscheiden sich in nichts von den beschreibenden Sätzen des Naturhistorikers. Die Frage nach dem „warum“, die überall zweckmässig ist, wo es sich um Aufklärung eines Widerspruchs handelt, kann wie jede zweckmässige Gewohnheit auch über den Zweck hinausgehen und gestellt werden, wo nichts mehr zu verstehen ist.

Wollten wir der Natur die Eigenschaft zuschreiben, unter gleichen Umständen gleiche Erfolge hervorzubringen, so wüssten wir diese gleichen Umstände nicht zu finden. Die Natur ist nur einmal da. Nur unser schematisches Nachbilden erzeugt gleiche Fälle. Nur in diesem existirt also die Abhängigkeit gewisser Merkmale von einander.

Alle unsere Bemühungen, die Welt in Gedanken abzuspiegeln wären fruchtlos, wenn es nicht gelänge in dem bunten Wechsel Bleibendes zu finden. Daher das Drängen nach dem Substanzbegriff, dessen Quelle von jener der modernen Ideen über die Erhaltung der Energie nicht verschieden ist. Die Geschichte der Physik liefert für diesen Trieb auf fast allen Gebieten zahlreiche Beispiele, und die liebenswürdigen Aeusserungen derselben lassen sich bis in die Kinderstube verfolgen. „Wo kommt das Licht hin, wenn es

gelöscht wird und nicht mehr in der Stube ist?“ So fragt das Kind. Das plötzliche Schrumpfen eines Wasserstoffballons ist dem Kinde unfassbar; es sucht überall nach dem grossen Körper, der eben noch da war. Wo kommt die Wärme her? Wo kommt die Wärme hin? Solche Kinderfragen im Munde reifer Männer bestimmen den Charakter des Jahrhunderts.

Wenn wir in Gedanken einen Körper lostrennen von der wechselnden Umgebung, in welcher sich derselbe bewegt, so scheiden wir eigentlich nur eine Empfindungsgruppe von verhältnissmässig grösserer Beständigkeit, an welche wir unser Denken anklammern, aus dem Gewoge der Empfindungen aus. Eine absolute Unveränderlichkeit hat diese Gruppe nicht. Bald dieses, bald jenes Glied derselben verschwindet und kommt, erscheint verändert und kehrt eigentlich in voller Gleichheit niemals wieder. Doch ist die Summe der bleibenden Glieder gegenüber den veränderlichen, namentlich wenn wir auf die Stetigkeit des Ueberganges achten, immer so gross, dass sie uns zur Anerkennung des Körpers als desselben vorerst genügend erscheint. Weil wir aber aus der Gruppe jedes einzelne Glied ausscheiden können, ohne dass der Körper aufhört, für uns derselbe zu sein, können wir leicht glauben, dass auch bei Ausscheidung aller noch etwas übrig bliebe, ausser jenen Gliedern. So kann es kommen, dass wir den Gedanken einer von ihren Merkmalen verschiedenen Substanz, eines Dinges an sich, fassen, für dessen Eigenschaften die Empfindungen Symbole sein sollen. Umgekehrt müssen wir vielmehr sagen, dass Körper oder Dinge abkürzende Gedankensymbole für Gruppen von Empfindungen sind, Symbole, die ausserhalb unseres Denkens nicht existiren. So wird auch jeder Kaufmann die Etiquette einer Kiste als Symbol des Waareninhaltes betrachten und nicht umgekehrt. Er wird dem Inhalt, nicht aber

der Etiquette realen Werth beilegen. Dieselbe Sparsamkeit, die uns veranlasst, eine Gruppe aufzulösen und für deren auch in andern Gruppen enthaltene Bestandtheile besondere Symbole zu setzen, kann uns auch treiben, durch ein Symbol die ganze Gruppe zu bezeichnen.

Auf den alten ägyptischen Monumenten sehen wir Abbildungen, die nicht einer Gesichtswahrnehmung entsprechen, sondern aus verschiedenen Wahrnehmungen zusammengesetzt sind. Die Köpfe und die Beine der Figuren erscheinen im Profil, die Kopfbedeckung und die Brust von vorn gesehen u. s. w. Es ist so zu sagen ein mittlerer Anblick, in welchem der Künstler, das ihm Wichtige festgehalten, das Gleichgiltige vernachlässigt hat. Wir können den auf den Tempelwänden versteinerten Vorgang bei den Zeichnungen unserer Kinder lebendig wahrnehmen und das Analogon desselben bei der Begriffsbildung in unseren Köpfen beobachten. Nur in dieser Geläufigkeit des Uebersehens dürfen wir von einem Körper sprechen. Sagen wir von einem Würfel, wir hätten dessen Ecken abgestutzt, obgleich er nun kein Würfel mehr ist, so beruht dies auf der natürlichen Sparsamkeit, welche es vorzieht, der fertigen geläufigen Vorstellung eine Correctur hinzuzufügen, statt eine gänzlich neue zu bilden. Alles Urtheilen beruht auf diesem Vorgang.

Die Malerei der Aegypter und Kinder kann dem kritischen Blicke nicht standhalten. Dasselbe begegnet der rohen Vorstellung eines Körpers. Der Physiker, welcher einen Körper sich biegen, ausdehnen, schmelzen und verdampfen sieht, zerlegt ihn in kleinere bleibende Theile, der Chemiker spaltet ihn in Elemente. Allein auch ein solches Element, wie das Natrium, ist nicht unveränderlich. Aus der weichen silberglänzenden Masse wird bei Erwärmung eine flüssige, die bei grösserer Hitze unter Luftabschluss in einen vor der

Natriumlampe violetten Dampf sich verwandelt und bei weiterer Erwärmung selbst mit gelbem Lichte glüht. Wenn immer noch der Name Natrium festgehalten wird, so geschieht dies wegen der Stetigkeit des Ueberganges und aus nothwendiger Sparsamkeit. Der Dampf kann sich condensiren, und das weisse Metall ist wieder da. Ja sogar nachdem das Metall, auf Wasser gelegt, in Natriumhydroxyd übergegangen, können bei geeigneter Behandlung die gänzlich verschwundenen Eigenschaften wieder zum Vorschein kommen, wie ein Körper, der bei der Bewegung eine Zeit lang hinter einer Säule verborgen war, wieder sichtbar werden kann. Es ist nun ohne Zweifel sehr zweckmässig, den Namen und Gedanken für eine Gruppe von Eigenschaften, wo dieselben hervortreten können, stets bereit zu halten. Mehr als ein ökonomisch abkürzendes Symbol für alle jene Erscheinungen ist aber dieser Name und Gedanke nicht. Er wäre ein leeres Wort für jenen, dem er nicht eine ganze Reihe wohlgeordneter sinnlicher Eindrücke wach rief. Und Aehnliches gilt von den Molecülen und Atomen, in welche das chemische Element noch zerlegt wird.

Zwar pflegt man die Erhaltung des Gewichtes oder genauer die Erhaltung der Masse als einen directen Nachweis der Beständigkeit der Materie anzusehen. Allein dieser Nachweis verflüchtigt sich, wenn wir auf den Grund gehen, in eine solche Menge von instrumentalen und intellectuellen Operationen, dass er gewissermassen nur eine Gleichung constatirt, welcher unsere Vorstellungen, Thatsachen nachbildend, zu genügen haben. Den dunklen Klumpen, den wir unwillkürlich hinzudenken, suchen wir vergebens ausserhalb unseres Denkens.

So ist es also überall der rohe Substanzbegriff, der sich unbemerkt in die Wissenschaft einschleicht, der sich immer als unzulänglich erweist, und sich auf immer kleinere

Theile der Welt zurückziehen muss. Die niedere Stufe wird eben nicht entbehrlich durch die höhere, welche auf dieselbe gebaut ist, sowie durch die grossartigsten Transportmittel die einfachste Locomotion, das Gehen, nicht überflüssig geworden ist. Dem Physiker muss der Körper als eine durch Raumempfindungen verknüpfte Summe von Licht- und Tastempfindungen, wenn er nach demselben greifen will, so geläufig sein als dem Thiere, welches seine Beute hascht. Der Jünger der Erkenntnistheorie darf aber, wie der Geologe und Astronom von den Bildungen, die vor seinen Augen vorgehen, zurückschliessen auf jene, die er fertig vorfindet.

Alle physikalischen Sätze und Begriffe sind gekürzte Anweisungen, die oft selbst wieder andere Anweisungen eingeschlossen enthalten, auf ökonomisch geordnete, zum Gebrauch bereit liegende Erfahrungen. Die Kürze kann solchen Anweisungen, deren Inhalt nur selten vollkommen hervorgeholt wird, zuweilen den Anschein von selbstständigen Wesen geben. Mit den poetischen Mythen wie sie z. B. über die alles gebärende und alles wieder verschlingende Zeit bestehen, wollen wir uns hier natürlich nicht beschäftigen. Wir wollen uns nur erinnern, dass Newton noch von einer absoluten, von allen Erscheinungen unabhängigen Zeit, wie auch von einem absoluten Raum spricht, über welche Anschauungen selbst Kant nicht hinausgekommen ist, und die heute noch zuweilen ernstlich erörtert werden. Für den Naturforscher ist jede zeitliche Bestimmung die abgekürzte Bezeichnung der Abhängigkeit einer Erscheinung von einer andern und durchaus nichts weiter. Wenn wir sagen, die Beschleunigung eines frei fallenden Körpers betrage 9·810 Meter in der Sekunde, so heisst das, die Geschwindigkeit des Körpers gegen den Erdmittelpunkt ist um 9·810 Meter grösser, wenn die Erde

$\frac{1}{86400}$ ihrer Umdrehung mehr vollführt hat, was selbst wieder nur durch ihre Beziehung zu andern Himmelskörpern erkannt werden kann. In der Geschwindigkeit liegt wieder nur eine Beziehung der Lage des Körpers zur Lage der Erde. ¹⁾ Wir können alle Erscheinungen statt auf die Erde auf eine Uhr oder selbst auf unsere innere Zeitempfindung beziehen. Weil nun ein Zusammenhang aller besteht, und jede das Mass der übrigen sein kann, entsteht leicht die Täuschung, als ob die Zeit unabhängig von allen noch einen Sinn hätte. ²⁾

Unser Forschen geht nach den Gleichungen, welche zwischen den Elementen der Erscheinungen bestehen. Die Gleichung der Ellipse drückt die allgemeinere denkbare Beziehung zwischen den Coordinaten aus, von welchen nur die reellen Werthe einen geometrischen Sinn haben. So drücken auch die Gleichungen zwischen den Erscheinungselementen eine allgemeinere mathematisch denkbare Beziehung aus; allein nur ein bestimmter Sinn der Aenderung mancher Werthe ist physikalisch zulässig. So wie in der Ellipse nur gewisse der Gleichung entsprechende Werthe, so kommen in der Welt nur gewisse Werthänderungen vor. Die Körper werden stets gegen die Erde beschleunigt, die Temperaturdifferenzen werden, sich selbst überlassen, stets kleiner u. s. w. Auch in Bezug auf den uns gegebenen Raum haben bekanntlich mathematische und physiologische Untersuchungen gelehrt, dass derselbe ein wirklicher unter

¹⁾ Es wird hiedurch klar, dass alle sogenannten Elementargesetze doch immer eine Beziehung auf das Ganze enthalten.

²⁾ Würde man einwenden, dass wir es bemerken könnten, und das Zeitmass nicht verlieren müssten, sondern etwa die Schwingungsdauer der Natriumlichtwellen an die Stelle setzen könnten, wenn die Rotationsgeschwindigkeit der Erde Schwankungen unterläge, so wäre damit nur dargethan, dass wir aus praktischen Gründen diejenige Erscheinung wählen, welche als einfachstes gemeinschaftliches Mass der übrigen dienen kann.

vielen denkbaren Fällen ist, über dessen Eigenthümlichkeiten nur die Erfahrung uns belehren kann. Die aufklärende Kraft dieses Gedankens kann nicht in Abrede gestellt werden, so monströs auch die Anwendungen sein mögen, die von demselben gemacht worden sind.

Versuchen wir nun, die Ergebnisse unserer Umschau zusammenzufassen. In dem ökonomischen Schematisiren der Wissenschaft liegt die Stärke aber auch der Mangel derselben. Die Thatsachen werden immer mit einem Opfer an Vollständigkeit dargestellt, nicht genauer, als dies unsern augenblicklichen Bedürfnissen entspricht. Die Incongruenz zwischen Denken und Erfahrung wird also fortbestehen, so lange beide nebeneinander hergehen; sie wird nur stetig vermindert.

In Wirklichkeit handelt es sich immer nur um die Ergänzung einer theilweise vorliegenden Erfahrung, um Ableitung eines Erscheinungstheiles aus einem andern. Unsere Vorstellungen müssen sich hiebei direct auf Empfindungen stützen. Wir nennen dies Messen. So wie die Entstehung, so ist auch die Anwendung der Wissenschaft an eine grosse Beständigkeit unserer Umgebung gebunden. Was sie uns lehrt, ist gegenseitige Abhängigkeit. Absolute Prophezeiungen haben also keinen wissenschaftlichen Sinn. Mit grossen Veränderungen im Himmelsraum würden wir unser Raum- und Zeitcoordinatensystem zugleich verlieren.

Wenn der Geometer die Form einer Curve erfassen will, so zerlegt er sie zuvor in kleine geradlinige Elemente. Er weiss aber wohl, dass dieselben nur ein vorübergehendes willkürliches Mittel sind, stückweise zu erfassen, was auf einmal nicht gelingen will. Ist das Gesetz der Curve gefunden, denkt er nicht mehr an ihre Elemente. So würde es auch der Naturwissenschaft nicht ziemen, in ihren selbstgeschaffe-

nen veränderlichen ökonomischen Mitteln, den Molekülen und Atomen, Realitäten hinter den Erscheinungen zu sehen, vergessend der jüngst erworbenen weisen Besonnenheit ihrer kühneren Schwester, der Philosophie, eine mechanische Mythologie zu setzen an die Stelle der animistischen oder metaphysischen, und damit vermeintliche Probleme zu schaffen. Das Atom mag immerhin ein Mittel bleiben, die Erscheinungen darzustellen, wie die Functionen der Mathematik. Allmähig aber mit dem Wachsen der intellectuellen Erziehung an ihrem Stoff, verlässt die Naturwissenschaft das Mosaikspiel mit Steinchen und sucht die Grenzen und Formen des Bettes zu erfassen, in welchem der lebendige Strom der Erscheinungen fließt. Den sparsamsten, einfachsten, begrifflichen Ausdruck der Thatsachen erkennt sie als ihr Ziel.

Nun stellen wir uns noch die Frage, ob dieselbe Methode der Forschung, welche wir bisher stillschweigend als auf die physikalische Welt beschränkt angesehen haben, auch an das Gebiet des Psychischen heranreicht. Dem Naturforscher erscheint diese Frage unnöthig. Die physikalischen und die psychologischen Lehren entspringen in ganz gleicher Weise instinctiven Erkenntnissen. Wir lesen aus den Handlungen und Mienen der Menschen ihre Gedanken ab, ohne zu wissen wie. Sowie wir das Benehmen einer Magnetnadel dem Strom gegenüber vorbilden, indem wir uns den Ampère'schen Schwimmer in demselben denken, so bilden wir die Handlungen der Menschen in Gedanken vor, indem wir mit ihrem Körper verbunden Empfindungen, Gefühle und Willen ähnlich den unsrigen annehmen. Was wir da instinctiv treiben, müsste uns als der feinste wissenschaftliche

Kunstgriff erscheinen, welcher an Bedeutung und genialer Conception die Ampère'sche Schwimmerregel weit hinter sich liesse, wenn nicht jedes Kind unbewusst ihn finden würde. Es kann sich also nur darum handeln, wissenschaftlich d. h. begrifflich zu fassen, was uns ohnehin geläufig ist. Und darin ist allerdings sehr viel zu thun. Eine ganze Kette von Thatsachen ist zu enthüllen zwischen der Physik der Miene und Bewegung einerseits, der Empfindung und dem Gedanken anderseits.

„Wie sollte es aber möglich sein, aus den Atombewegungen des Hirns die Empfindung zu erklären?“ So hören wir fragen. Gewiss wird dies nie gelingen, so wenig als aus dem Brechungsgesetz jemals das Leuchten und Wärmen des Lichtes folgen wird. Wir brauchen eben das Fehlen einer sinnreichen Antwort auf solche Fragen nicht zu bedauern. Es liegt gar kein Problem vor. Mit Erstaunen bemerkt das Kind, welches über die Brüstung der Stadtmauer in den tiefen Wallgraben hinabblickt, unten die Menschen, und den verbindenden Thorweg nicht kennend, begreift es nicht, wie sie von der hohen Mauer da herabkommen konnten. So ist es auch mit den physikalischen Begriffen. An unsern Abstractionen können wir in die Psychologie zwar nicht hinauf — wohl aber hinunterklettern.

Sehen wir uns den Sachverhalt unbefangen an. Die Welt besteht aus Farben, Tönen, Wärmen, Drücken, Räumen, Zeiten u. s. w., die wir jetzt nicht Empfindungen und nicht Erscheinungen nennen wollen, weil in beiden Namen schon eine einseitige, willkürliche Theorie liegt. Wir nennen sie einfach Elemente. Die Erfassung des Flusses dieser Elemente, ob mittelbar oder unmittelbar, ist das eigentliche Ziel der Naturwissenschaft. So lange wir uns, den eigenen Körper nicht beach-

tend, mit der gegenseitigen Abhängigkeit jener Gruppen von Elementen beschäftigten, welche die fremden Körper, Menschen und Thiere eingeschlossen, ausmachen, bleiben wir Physiker. Wir untersuchen z. B. die Aenderung der rothen Farbe eines Körpers durch Aenderung der Beleuchtung. Sobald wir aber den besonderen Einfluss jener Elemente auf dieses Roth betrachten, welche unsern Körper ausmachen, der sich durch die bekannte Perspective mit unsichtbarem Kopf auszeichnet, sind wir im Gebiete der physiologischen Psychologie. Wir schliessen die Augen, und das Roth mit der ganzen sichtbaren Welt ist weg. So liegt in dem Wahrnehmungsfelde eines jeden Sinnes ein Theil, welcher auf alle übrigen einen anderen und stärkeren Einfluss übt als jene aufeinander. Hiemit ist aber auch alles gesagt. Mit Rücksicht darauf bezeichnen wir alle Elemente, sofern wir sie als abhängig von jenem besondern Theil (unserem Körper) betrachten, als Empfindungen. Dass die Welt unsere Empfindung sei, ist in diesem Sinne nicht zweifelhaft. Aus dieser vorübergehenden Auffassung aber ein System fürs Leben zu machen, dessen Sklaven wir bleiben, werden wir so wenig nöthig haben, als der Mathematiker, wenn er eine vorher constant gesetzte Reihe von Variablen einer Function nun variabel werden lässt, oder wenn er die unabhängig Variablen tauscht, obgleich ihm dies mitunter überraschende Ansichten verschafft. ¹⁾

¹⁾ Den hier dargelegten Standpunkt nehme ich seit etwa 2 Decennien ein, und habe ihn in verschiedenen Schriften („Erhaltung der Arbeit, 1872“, „Gestalten der Flüssigkeit 1872“, „Bewegungsempfindungen 1875“) festgehalten. Er liegt nicht den Philosophen, wohl aber der Mehrzahl der Naturforscher recht fern. Umsomehr bedaure ich, dass Titel und Verfasser einer kleinen Schrift, welche mit meinen Ansichten sogar in vielen Einzelheiten zusammentraf, und die ich in einer Zeit stürmischer Beschäftigung (1879—1880) flüchtig gesehen zu haben glaube, meinem Gedächtniss so entschwunden sind, dass alle Versuche, sie wieder zu ermitteln, bisher erfolglos blieben.

Sieht man die Sache so naiv an, so erscheint es nicht zweifelhaft, dass die Methode der psychologischen Physiologie nur die physikalische sein kann, ja dass diese Wissenschaft selbst zu einem Theil der Physik wird. Der Stoff dieser Wissenschaft ist von jenem der Physik nicht verschieden. Sie wird die Beziehung der Empfindungen zur Physik unseres Körpers zweifellos ermitteln. Schon haben wir durch ein Mitglied dieser Akademie erfahren, dass der sechsfachen Mannigfaltigkeit der Farbenempfindungen aller Wahrscheinlichkeit nach eine sechsfache Mannigfaltigkeit des chemischen Processes der Sehsinnssubstanz, der dreifachen Mannigfaltigkeit der Raumempfindungen eine dreifache Mannigfaltigkeit des physiologischen Processes entspricht. Die Bahnen der Reflexe und des Willens werden verfolgt und aufgedeckt; welche Gegend des Hirns der Sprache, welche der Locomotion dient, wird ermittelt. Was dann noch an unserm Körper hängt, die Gedanken, wird schon eine principiell neue Schwierigkeit nicht mehr schaffen. Wird einmal die Erfahrung diese Thatsachen klargelegt und die Wissenschaft sie ökonomisch übersichtlich geordnet haben, dann ist nicht zu zweifeln, dass wir sie auch verstehen werden. Denn ein anderes Verstehen, als Beherrschung des Thatsächlichen in Gedanken hat es nie gegeben. Die Wissenschaft schafft nicht eine Thatsache aus der andern, sie ordnet aber die bekannten.

Betrachten wir nun noch etwas näher die psychologisch-physiologische Forschung. Wir haben eine ganz klare Vorstellung davon, wie ein Körper sich im Raume seiner Umgebung bewegt. Unser optisches Gesichtsfeld ist uns sehr geläufig. Wir wissen aber gewöhnlich nicht anzugeben, wie wir zu einem Gedanken gekommen, aus welcher Ecke des intellectuellen Gesichtsfeldes er hereingebrochen, noch durch

welche Stelle der Impuls zu einer Bewegung hinausgesendet worden. Dieses geistige Gesichtsfeld werden wir auch durch Selbstbeobachtung allein nie kennen lernen. Die Selbstbeobachtung im Verein mit der physiologischen Forschung, welche den physikalischen Zusammenhängen nachgeht, kann dieses Gesichtsfeld klar vor uns legen, und wird damit unsern innern Menschen erst eigentlich offenbaren.

Die Naturwissenschaft oder die Physik im weitesten Sinne lehrt uns die stärksten Zusammenhänge von Gruppen von Elementen kennen. Auf die einzelnen Bestandtheile dieser Gruppen dürfen wir vorerst nicht zuviel achten, wenn wir ein fassbares Ganzes behalten wollen. Die Physik gibt, weil ihr dies leichter wird, statt der Gleichungen zwischen den Urvariablen, Gleichungen zwischen Functionen derselben. Die psychologische Physiologie lehrt von dem Körper das Sichtbare, Hörbare, Tastbare absondern, wobei sie, von der Physik kräftig unterstützt, dieses wieder reichlich vergilt, wie schon aus der Eintheilung der physikalischen Kapitel zu ersehen ist. Das Sichtbare löst die Physiologie weiter in Licht- und Raumempfindungen, erstere wieder in die Farben, letztere ebenfalls in ihre Bestandtheile; die Geräusche löst sie in Klänge, diese in Töne auf u. s. w. Ohne Zweifel kann diese Analyse noch sehr viel weiter geführt werden, als es schon geschehen ist. Es wird schliesslich sogar möglich sein, das Gemeinsame, welches sehr abstracten und doch bestimmten logischen Handlungen von gleicher Form zu Grunde liegt, was der scharfsinnige Jurist und Mathematiker mit solcher Sicherheit herausfühlt, wo der Unkundige leere Worte hört, ebenfalls aufzuweisen. Die Physiologie wird uns mit einem Worte die eigentlichen realen Elemente der Welt aufschliessen. Die physiologische Psychologie verhält sich also zur Physik im weitesten Sinne ähn-

lich wie die Chemie zur Physik im engeren Sinne. Weit- aus grösser als die gegenseitige Unterstützung der Physik und Chemie wird jene sein, welche Naturwissenschaft und Psychologie sich leisten werden, und die aus diesem Wechsel- verkehr sich ergebenden Aufschlüsse werden jene der heu- tigen mechanischen Physik wohl weit hinter sich lassen.

Mit welchen Begriffen wir die Welt umfassen werden, wenn der geschlossene Ring der physikalischen und psy- chologischen Thatsachen vor uns liegen wird, von dem wir gegenwärtig nur zwei getrennte Stücke sehen, lässt sich zu Anfang der Arbeit natürlich nicht sagen. Die Männer werden sich finden, die das Recht erkennen, und den Muth haben werden, statt die verschlungenen Pfade des logischen histo- rischen Zufalls nachzuwandeln, die geraden Wege zu den Höhen einzuschlagen, von welchen aus der ganze Strom der Thatsachen sich überschauen lässt. Ob dann der Begriff, den wir heute Materie nennen, über den gewöhnlichen Hand- gebrauch hinaus noch eine wissenschaftliche Bedeutung haben wird, wissen wir nicht. Gewiss wird man sich aber wundern, wie uns Farben und Töne, die uns doch am nächsten liegen, in unserer physikalischen Welt von Atomen plötzlich abhanden kommen konnten, wie wir auf einmal erstaunt sein konnten, dass das, was da draussen so trocken klappert und pocht, drinnen im Kopfe leuchtet und singt, wie wir fragen konnten, wieso die Materie empfinden kann, d. h. also, wie so ein Gedankensymbol für eine Gruppe von Empfindungen empfindet?

In scharfen Linien vermögen wir die Wissenschaft der Zukunft nicht zu zeichnen. Allein ahnen können wir, dass dann die harte Scheidewand zwischen dem Menschen und der Welt allmählig verschwinden wird, dass die Menschen nicht nur sich, sondern der ganzen organischen und auch der

sogenannten leblosen Natur mit weniger Selbstsucht und einem wärmeren Gefühl gegenüberstehen werden. Eine solche Ahnung mochte wohl vor 2000 Jahren den grossen chinesischen Philosophen Licius ergreifen, als er auf altes menschliches Gebein deutend, in dem durch die Begriffsschrift dictirten Lapidarstil zu seinen Schülern die Worte sprach: „Nur diese und ich haben die Erkenntniss, dass wir weder leben noch todt sind.“





