

Zeitschrift: Wissen und Leben
Herausgeber: Neue Helvetische Gesellschaft
Band: 5 (1909-1910)

Artikel: Technick und Wissenschaft [Schluss]
Autor: Kleiner, Alfr.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-750889>

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: 24.02.2026

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

TECHNIK UND WISSENSCHAFT

(Schluss)

Das Prinzip der Verwertung kinetischer Energie *geworfener* Körper war namentlich technisch auch deswegen wertvoll, weil es die Möglichkeit ergab, in die Ferne zu wirken; in dieser Beziehung bildet es die Grundlage der Jagd- und Kriegstechnik, vom Spieß und Bogen bis zur Kanone.

Dass auch Hydrostatik und Hydrodynamik in sehr frühen Stadien der Menschheit praktisch betätigt wurden, ist begreiflich, weil Schwimmen von Körpern und Bewegungsantriebe durch strömendes Wasser der täglichen Beobachtung vorgeführt sind.

Als ein elementares technisches Hilfsmittel ist die Verwendung des Feuers zu erwähnen, welche uns die zu ungeahnten Errungenschaften führenden, in den Menschen liegenden Entwicklungsmöglichkeiten vor Augen stellt; das Feuer ist in der Natur so selten unmittelbar gegeben, und dann immer als bedrohliche Erscheinung, dass das Lebewesen, welches es fand und nicht fürchtete, sondern verwendete, sich schon allein dadurch als höchstorganisiertes auswies.

V.

Mit den *instinktiv* geübten — nicht als solche erkannten — Prinzipien der Statik, mit Hebel, Keil und schiefer Ebene, unter Verwendung natürlich gegebener, lebendiger Kräfte von Wasser, Luft und Feuer, hat die Menschheit schon recht ansehnliche Werke, wie monumentale Bauten, ein ausgedehntes Kriegshandwerk usw. zustande gebracht, ohne dabei wesentlich von den Errungenschaften der Wissenschaft unterstützt zu werden; die Wissenschaft scheint sich überhaupt relativ spät mit Betrachtungen über technische Betätigung befasst zu haben. Betrachtungen über das eigene Tun und Treiben liegen ja erfahrungsgemäß menschlicher geistiger Tätigkeit nicht am nächsten. Bekanntlich ist Archimedes zum Begründer der Statik geworden, indem er dem Prinzip, das der Hebelwirkung zugrunde liegt, wohl erst Jahrtausende nach der ersten Verwendung wissenschaftlichen Ausdruck gab — man hat dies einen Beweis des Prinzipes genannt — und indem er die Gesetze des Schwimmens kennen lehrte; es hat aber noch zwei-

tausend Jahre länger gedauert, bis die wissenschaftlich vollständige Erkenntnis der Phänomene, welche der Funktion des Hammers zugrunde liegen, errungen war; wohl haben Galilei, Huggins, Newton uns den heutigen Begriff der Kraft gegeben und damit die wichtigsten Gesetze der Bewegung begründet; aber erst dem neunzehnten Jahrhundert war die Erkenntnis jenes fundamentalen Prinzips vorbehalten, welches alle technischen Betriebe und Unternehmungen beherrscht, des Prinzips der Erhaltung der Energie, und des ihm koordinierten Prinzips, welches als Entropiesatz bekannt ist.

Aus diesem relativ späten Eingreifen der Wissenschaft in die Entwicklung der Technik geht von neuem hervor, dass die Technik ihre eigenen Wege ging, dass sie der Ausdruck und das Resultat von Impulsen ist, welche verschieden sind von denen der Wissenschaft. Die Wissenschaft hat überhaupt wenig aktiv in die Technik eingegriffen; sie steht ihrer Ausübung wie einer gegebenen Tatsache gegenüber, wie den Tatsachen der Naturerscheinungen, oder den Tatsachen gesellschaftlicher, rechtlicher Entwicklungen; sie interpretiert und ordnet gegebene Phänomene, findet Gesetze, nach denen sie ablaufen; ihr Einfluss auf die Tatsachen der Technik ist aber fast nur ein indirekter. Freilich hat die Wissenschaft der Technik mächtige Hilfsmittel geliefert, welche gelegentlich umwälzend gewirkt haben; aber im allgemeinen hat nicht *sie* die Impulse zur technischen Verwertung ihrer Leistungen gegeben; denn sie befasst sich mit der Untersuchung der Erscheinungen *um ihrer selbst willen*. Die Technik dagegen hat es mit der *Anwendung* von Kräften zu Zwecken des praktischen täglichen Lebens zu tun. Dies gilt im großen Ganzen; es gibt immerhin Beispiele von Koryphäen der Wissenschaft, welche auch zu den großen Technikern gehören; es sei in dieser Beziehung nur an Euler erinnert. Der Technik liegt als schaffender Trieb die *Initiative* zur Beschaffung von Dingen, welche den Bedürfnissen des Lebens dienen, zugrunde; und sie nimmt ihre Mittel her, wie sie sie findet; im *Wesen der Wissenschaft* liegt dieser Trieb nicht; diese Behauptung steht nicht im Widerspruch mit der Tatsache, dass es Wissenschaften gibt, welche zur Hälfte aus Technik bestehen, wie Medizin, Chemie etc.

Zur Erläuterung der Verschiedenheit und Selbständigkeit der elementaren Triebfedern, welchen Technik und Wissenschaft

zugrunde liegen, mögen einige typische und bedeutsame Beispiele angeführt werden:

Eine neue Ära in der Geschichte der Technik bedeutet das Auftreten der Dampfmaschinen, von Motoren, in welchen eine neue Naturkraft, neben den alten Kräften des Wassers und Windes, zur Verwendung kam. Die *Wissenschaft* hatte die Eigenschaften der Dämpfe, ihre Expansivkraft, die Gesetze, denen Dämpfe folgen, auf Grund eingehender experimenteller Untersuchungen erkannt. Aber sie hat nicht die Dampfmaschine geschaffen; auch in die Verbesserungen, die Vervollkommenung dieser wichtigen Maschine hat sie zunächst nicht bestimmt eingegriffen, wie die interessante Geschichte der Einführung der Schiebersteuerungen erkennen lässt, welche zeigt, wie instinktive Tendenzen der Ökonomisierung von Arbeit und Zeit bestimmt für fundamentale Errungenschaften werden können. Es gibt freilich eine *Dampfmaschinentheorie*; aber diese eben erst, seit die Technik auf Grund dessen, was sie geschaffen, sich auch ihre Wissenschaft zu ihren Zwecken ausgebildet hat.

Ein weiteres Beispiel der selbständigen schaffenden Kraft der Technik entnehmen wir der überraschend grossartigen Entwicklung der Elektrizitätslehre; diese Wissenschaft hat die Gesetze gefunden, welchen die Energie von Strömungen unterworfen ist, sie hat in den Induktionsgesetzen die Mittel zur Beschaffung elektrischer Energie aufgewiesen — aber die Dynamomaschine hat sie nicht geschaffen; sie hat die Gesetze des Glühens von Drähten untersucht — aber die Durchführung elektrischer Beleuchtung ist das Werk eines technischen Erfinders gewesen.

Die Wissenschaft hat elektrische Energie fortpflanzen gelehrt, sie hat auch gezeigt, wie man auf elektrischem Wege zwischen entfernten Orten Zeichen übermitteln kann; es haben auf diesem Wege in Göttingen die Sternwarte und das physikalische Institut vom Jahr 1833—1845 miteinander verkehrt, und es hat Gauss sich in einem Brief 1835 ganz bestimmt dahin ausgesprochen, „dass die elektromagnetische Telegraphie zu einer Vollkommenheit und zu einem Maßstab gebracht werden könnte, vor der die Phantasie fast erschrickt.“

Dieser kühnen Idee praktische Folge zu geben, die elektromagnetische Telegraphie zu einem praktischen Verkehrsmittel aus-

zugestalten, dazu bedurfte es der Betriebsamkeit, der kommerziellen Findigkeit, der unablässig vorwärstreibenden Initiative und Zähigkeit der Technik. Und dieselbe Erscheinung wiederholte sich, als Hertz, nachdem er die Fortpflanzung elektrischer Wellen durch Nichtleiter hindurch und auf große Entfernung hin untersucht hatte, nach der Möglichkeit einer drahtlosen Telegraphie gefragt wurde; er gab ablehnenden Bescheid; die Applikation seiner Entdeckungen waren ihm nicht das Nächstliegende; ihm war damals daran gelegen, die Konsequenzen der Erkenntnis auszuschöpfen, dass elektrische und magnetische Kräfte nicht Fernwirkungen sind, sondern des fortlaufenden Mediums bedürfen; er strebte den zwei Gleichungstriplets zu, durch welche Elektrostatik, Elektrodynamik und Elektromagnetismus für ruhende Körper zur zusammenfassenden Darstellung gebracht werden konnten. Dem *Techniker* Marconi bleibt das unbestreitbare Verdienst, die Wellentelegraphie ins Leben gerufen zu haben, trotzdem er weder die Wellenerregung noch ihre Fortpflanzung, ihre Wirkungen im Kohärer selbst aufgefunden hatte. Die Entwicklung von Telephonie und Mikrophonie gibt Beispiele ganz analoger Vorkommnisse.

Ja, es ist zu sagen, dass, seit es eine Wissenschaft der Technik gibt und polytechnische Hochschulen, in welchen Technologie und Metallurgie und Theorien verschiedener Arten von Motoren und Elektrotechnik gelehrt werden, es nicht immer die lehrenden Vertreter dieser *Wissenschaft* allein gewesen sind, welchen man Fortschritte in den betreffenden technischen Zweigen verdankt, sondern immer und immer wieder gibt es solche Erfinder, welche mit geringen wissenschaftlichen Hilfsmitteln der Technik Dienste von nicht gehahnter Tragweite leisten.

Vor unsren Augen und in unseren Tagen spielt der großartige Vorgang sich ab, das Problem der Luftschiffahrt zu praktischen Verkehrszwecken zu lösen; wohl hat dazu die Wissenschaft viel beigesteuert; aber den endgültigen Erfolg verdanken wir der unablässig bohrenden, vor keinen Schwierigkeiten und Misserfolgen zurückschreckenden Initiative, welche großen technischen Errungenschaften zugrunde liegt.

VI.

Die *Wissenschaft* hat ganz andere Ziele und Aufgaben wie die Technik: sie analysiert einerseits, anderseits ordnet sie gewonnene

Erkenntnisse nach Zusammengehörigkeiten, wobei ihr Streben nach möglichst umfassenden Einordnungsprinzipien, nach weitgehendsten Generalisationen geht. Es liegt nun nahe, auch auf den Entwicklungsgang der Kulturmacht, die wir Wissenschaft nennen, einen kurzen Blick zu werfen.

Die fundamentale *Betätigung* der Wissenschaft findet schon Ausdruck in den ursprünglichsten Betätigungen menschlichen Geistes: in der Ausbildung einer *Sprache*. Sprachbildung besteht hauptsächlich in der Bezeichnung von Begriffen durch das Mittel der Stimme. Begriffsbildung und Begriffsbezeichnung gehen notwendig Hand in Hand; wir könnten ja nicht von Begriffen reden, wenn dieselben nicht durch das Mittel einer Bezeichnung zu etwas Festem, Unveränderlichem gestaltet werden könnten, was sich auf Gegenwärtiges, Vergangenes und Zukünftiges in feststehender Art beziehen lässt. Gewiss hatte auch die Sprache ihre Entwicklungsgeschichte und ohne Zweifel eine sehr rapide; denn bei den ersten Menschen schon war die *Möglichkeit* der Sprachbildung vorhanden: ein Kehlkopf, der eine unbegrenzte Mannigfaltigkeit stimmlicher Bezeichnungen ermöglicht, dazu als Korrelat das entsprechende Gehörorgan und ein Zentralorgan, das alle vor sich gehenden Funktionen des Organismus zu registrieren und zu verknüpfen gestattet: Sprach- und Gehörorgan spielen in der Ausbildung der Wissenschaft in den Anfängen eine ähnlich bedeutsame Rolle, wie die Hand bei der Ausbildung der Technik. Eine aufmerksame Betrachtung der allerersten Anfänge der Sprachen zeigt uns nun, dass, wie bei der Entwicklung technischer Erscheinungen, es sich nicht um bewusste, planmäßige Erstellung eines Sprachgebäudes handelte, sondern um ein keineswegs sich selbst bestimmendes Werden und Wachsen. Schon bei den allerersten Sprachanfängen, das heißt den ersten Begriffsbildungen und Bezeichnungen ist der Zwang zur Ökonomisierung in der Bezeichnung von Dingen und der geistige Prozess der *Abstraktion* grundlegendes Merkmal der Denkprozesse gewesen, wie dann später im Aufbau von Wissenschaften. Die Zahl der Dinge und Geschehnisse in unserer Umgebung ist so groß, dass eine Sprache, die alles Bestehende und alles Geschehene zu bezeichnen hätte, Sache der Unmöglichkeit wäre; es müssen also in den Bezeichnungen Gruppen gebildet werden, welche *Gemeinsames* enthalten, und es muss von der

Bezeichnung *alles* Details *abstrahiert* werden, das in einer Gruppe enthalten ist. Was zwei Beine hat und Hände und Kopf, ist Mensch; von den Unterschieden in Alter, Farbe, Größe wird abstrahiert; was weh tut, ist Schmerz, ob es nun sticht oder beißt oder zieht; Bewegung durch die Luft ist Fliegen, ob es nun an Fledermaus oder Adler oder Blatt in die Erscheinung tritt. Diese zusammenfassende Betätigung unter Wirkung der Abstraktion in der Sprachbildung und ihre Wirksamkeit bei der Bildung *wissenschaftlicher* Elementarbegriffe zeigt sich rein in der Ausbildung des Zahlenbegriffs, der Grundlage der Mathematik. Er lässt sich durch *einen* Blick erkennen, das heißt ohne Änderung der Blickrichtung auf Einzelnes, ob von ähnlichen Dingen zwei oder drei oder vier oder fünf vorhanden sind und diese elementarsten Unterschiede von Vielheit haben gewiss sehr früh Bezeichnung gefunden; es lässt sich auch mit *einem Blick* erkennen, dass 4 als $2+2$ oder $3+1$ oder $1+3$ aufgefasst werden kann; diese Erkenntnis führt zur Zahlangabe, dann zum Zählen, und der elementarste Handel des Menschen hat diese Elemente befestigt, zu einer geläufigen Übung gemacht. Dabei macht sich die Abstraktion darin geltend, dass die gezählten Dinge gleich sein oder gedacht sein sollen: ein Paradiesapfel und ein Apfel aus Gold sind nicht zwei Äpfel ohne die Abstraktion von dem, was nicht Form anbetrifft. Wenn nun die Zahl der Dinge groß wird, dann würde die Bezeichnung der Vielheit zu mannigfaltig, um einfach und übersehbar zu bleiben; da aber auch weitläufige Vielheiten zu Handelszwecken bezeichnet werden müssen, so hilft man sich mit Gruppenbildung: bei Nüssen rechnet man mit Höcken oder als geläufiges Gruppenbild wird die wohlbekannte Vielheit der Finger einer Hand verwendet etc. und mit der Bildung und Zählung von Gruppen sind die Elemente der Multiplikation gegeben. Vom Zählen von Dingen, da sich das an unendlich vielen Beispielen von *verschiedenen* unter sich ähnlichen Sachen immer in gleicher Weise vollzieht, führt dann die Abstraktion zur Lösung der Bezeichnung des Grades von Vielheiten von der Vorstellung gezählter Dinge; der Begriff der Zahl als solcher gestaltet sich heraus.

Dieser geistige Prozess der Zusammenfassungen unter Mitwirkung der Abstraktion spielt eine fortwährend geübte geistige Funktion, welche ursprünglich, wie die Elemente technischer

Betätigungen sich ohne bewusste Absicht vollzog; sie setzt sich aber auch dann fort, wenn die Resultate des Denkens selber Gegenstand des Erkennens und der Mitteilung werden und damit das *wissenschaftliche* Denken beginnt.

Wenn wir Wissenschaft als die Mehrung und geordnete, methodische Darstellung unserer Erkenntnisse bezeichnen, dann werden wir darauf geführt, dass von Wissenschaft eigentlich erst gesprochen werden kann, nachdem diese Darstellung von Erkenntnissen durch den Drang der Bedürfnisse des praktischen Lebens zum Selbstzweck geworden war. Die Übermittlung von Erkenntnissen, von Fertigkeiten und Methoden auf *technischem Gebiet* von Alten an Junge, von Kundigen an Unkundige, geschah ursprünglich und lange Zeit hindurch durch mündliche Überlieferung während der ausführenden Tätigkeit, wie vielfach jetzt noch. Eher scheinen die ältesten Rechtsverhältnisse, die Nötigung, sich über zahlenmäßige und geometrische Verhältnisse auszudrücken, religiöse Erscheinungen und Gebräuche nach beruflichen Lehren und schulmäßiger Instruktion gerufen zu haben; aber jedenfalls war berufsmäßiges Lehren notwendig geworden und von Elementen der *Wissenschaft* kann mit dem Auftreten der *Schrift* gesprochen werden. Kenntnis der Schrift musste zunächst selbst Lehrgegenstand werden; und Schrift gab ein Mittel ab zur Übermittlung von Erkenntnissen und methodischer Zusammenstellung; in *Schriften* konnten die Errungenschaften menschlicher Geistes-tätigkeit aus allen Zeiten und aus allen Gegenden beginnender Kultur zusammengefasst und zum Gemeingut der Menschheit gemacht, konnten *Wissenschaften* begründet werden.

Es gehört zum *Wesen* des Lehrens, der *Wissenschaft*, den Stoff zu ordnen, Wesentliches von Unwesentlichem zu unterscheiden. Im Interesse der Ökonomie des Lehrens und Lernens liegt es, so viel Gemeinsames als möglich zusammenfassend zum Ausdruck zu bringen und andererseits das Unterscheidende, spezielle im Gemeinsamen, aber immer wieder in zusammenfassenden Übersichten zur Darstellung zu bringen. Insbesondere in der Naturwissenschaft gehen Zusammenfassungen — *Induktion* — und Analyse — *Deduktion* — beständig neben einander her.

Wissenschaft besteht nun aber nicht nur im Lehren, sondern auch in der Mehrung des zu Lehrenden; in der Forschung; es

ist aber leicht begreiflich, dass, nachdem es einen Stand und einen Beruf von Lehrenden gab, für diesen Stand die *Beschaffung* von Erkenntnissen neben der Lehrtätigkeit sich allmählich zum Selbstzweck herausbildete.

Wir wollen den Gang wissenschaftlicher Entwicklung an einem großen Beispiel betrachten, an Hand der Ausgestaltung des Gravitationsproblems.

VII.

Zu den ältesten Wissenschaften gehört die Astronomie, weil ihre Forschungsobjekte, die Himmelskörper, der unmittelbaren Beobachtung beständig, täglich, sich darbieten, weil sie wegen ihrer Unnahbarkeit und ihrer das Leben bedingenden und regulierenden Wirkungen, wie namentlich der Sonne, die Aufmerksamkeit der Menschen auf sich ziehen, und endlich auch, weil die kosmischen Erscheinungen sich mit unwandelbarer Regelmäßigkeit abspielen.

Die tägliche Bewegung aller Himmelskörper von Ost nach West, welche verglichen mit Bewegungen, die *sonst* auf der Erde zur Beobachtung kommen, auffällig von gewohnten Bewegungsscheinungen abweichend ist, forderte zu Erklärungsversuchen heraus: das heißt zur Frage, ob es denn nicht bekannte, geläufige Phänomene gäbe, in deren anschauliche Gesetzmäßigkeit sich die Bewegung der Himmelskörper einordnen lasse; eine solche bekannte und zunächst nicht weiter der Interpretation bedürftige Erscheinung ist die, dass an einem starren System, das gedreht wird, alle Oberflächenpunkte Kreise beschreiben mit gleichem Rotationssinn; die älteste nächstliegende *Erklärung*, der täglichen Bewegung der Himmelskörper bestand dementsprechend in der Vorstellung, dass die Gestirne fest mit dem um eine Axe, die Weltaxe, rotierenden Himmelsgewölbe verbunden seien. Die Erkenntnis der *jährlichen* Bewegungen der Himmelskörper, die Unterscheidung von Fixsternen, Sonne, Planeten und Mond musste dann schon zur Annahme verschiedener von einander unabhängiger, aber gleichsinnig rotierender Himmelsgewölbe führen als Träger der Sonne der Planeten; aber eine weitere Ausdehnung der Erkenntnis der Einzelerscheinungen, die Erkenntnis,

dass die Planeten am Fixsternhimmel rückläufige Bewegungen ausführen, führte zu Spezialisierungen der ursprünglichen einfachen Annahme, zur Epicykeltheorie; je genauer nun aber die Einzelerscheinungen der Sternbewegung bekannt wurden, desto mehr musste durch Zusätze und besondere künstliche Hilfsannahmen die ursprünglich einfache Vorstellung modifiziert, kompliziert werden: je weiter es ausgebildet wurde, desto mehr führte das ptolemäische System zu einem Wirrwarr von *an sich* wenig wahrscheinlichen Einzelkonstruktionen, sodass der ursprüngliche Zweck des Systems, Einfachheit und Übersichtlichkeit in der Auffassung der Erscheinungen zu ermöglichen, vollständig verloren ging; es wurde immer unwahrscheinlicher, schließlich unmöglich; das ptolemäische Weltbild entsprach also den Erscheinungen nicht, es musste ein anderes als Erklärungsprinzip gesucht werden.

Bekanntlich hat die geniale Auffassung kosmischer Bewegungen, die wir Kopernikus verdanken, über alle Schwierigkeiten der alten Vorstellungen mit einem Schlag hinweggeholfen; im Wesen kommt die Leistung des kopernikanischen Systems auf denselben Prozess hinaus, der dem alten System zugrunde lag: Es handelt sich wieder darum, die Bewegung der Himmelskörper so aufzufassen, dass sie in Übereinstimmung steht mit einer als vollständig bekannt angesehenen Vulgärscheinung; diese besteht hier darin, dass wenn ein Beobachter sich dreht, dann die Dinge der Umgebung sich scheinbar in Kreisen bewegen; damit ist die *tägliche* Bewegung der Himmelskörper *erklärt*.

Ganz ähnlich findet die *jährliche* Bewegung von Sonne und Planeten ihre Erklärung durch die Annahme der jährlichen Bewegung der Erde auf ihrer Bahn um die Sonne; das weitere feinere Detail der Bewegung der Gestirne wird verständlich, das heißt es ist auf Bekanntes zurückgeführt durch die Annahme, dass endlich auch die betrachteten Objekte sich in Kreisen bewegen, und endlich erklärt die schiefe Stellung der Erdaxe den Wechsel der Jahreszeiten. *Qualitativ* ist also die vorliegende Erscheinung vollständig zurückgeführt auf bekannte Erscheinungen, solche der täglichen Erfahrung. Nun war es eine große und weite Aufgabe der Wissenschaft, in den komplizierten Relativbewegungen, welche aus der gleichzeitigen Rotation und Translation der Erde und der

Planeten resultiert, die *tatsächlich* von den Planeten ausgeführten Bewegungen zu bestimmen; die Lösung dieser Probleme konnte zugleich als Probe auf die allgemeine, konsequente Durchführbarkeit der kopernikanischen Ideen gelten. Diese Aufgabe ist bekanntlich in bewundernswerter Weise gelöst worden für die Planetenbewegung durch *Keppler*. Durch Kepplers Gesetze ist nicht nur die *Möglichkeit* der kopernikanischen Vorstellung erwiesen, sondern es ist durch neue, wichtige Erkenntnisse betreffend die Planetenbewegung die Wissenschaft erweitert worden. Die Kepplerschen Gesetze sind sichtliche *Beschreibungen* der Planetenbewegung. Diese Beschreibungen lassen das Gemeinsame in der ganzen Kategorie von Erscheinungen erkennen, das, was bei aller Verschiedenheit der Einzelfälle, *jedem* zukommt. Bei aller Verschiedenheit der Bewegung der Planeten nach Sonnenabstand, Umlaufszeit, Exzentrizität gelten doch für jeden einzelnen Planeten die Eigenschaft der Elliptizität der Bahn, der Konstanz, der vom Radius *victor* beschriebenen Flächenräume; durch das dritte Kepplersche Gesetz, welches die Quadrate der Umlaufszeiten in Beziehung setzt zu den dritten Potenzen der großen Axen der elliptischen Bahnen, sind die Bewegungen verschiedener Planeten *unter sich* vergleichbar gemacht. Durch die Kepplerschen Gesetze sind die Bewegungen der Planeten *vollständig* bestimmt, beschrieben, und es sind die Wege zur analogen Bestimmung der Bewegungen anderer Himmelskörper gegeben; man könnte meinen, damit das Problem der Bestimmung kosmischer Bewegung vollständig gelöst, endgültig *erledigt* sei. Doch ist dem nicht so: Der Drang nach einheitlicher Zusammenfassung eines weitläufigen Komplexes von Erscheinungen war noch nicht vollständig befriedigt.

Erstlich fragt es sich, ob nicht die drei Gesetze Kepplers durch *eines* ersetzt werden können, welches sie alle umfasst; diese Möglichkeit ist durch das dritte Kepplersche Gesetz schon angedeutet. Sodann aber führen die Bewegungen der Himmelskörper, nachdem die Vorstellung ihrer festen Verbindung mit Himmelsgewölben aufgegeben war, wieder auf die alte Frage, warum die Sterne sich in geschlossenen Bahnen bewegen, während doch keine festen Verbindungen bemerkbar sind wie bei den bekannten Kreisbewegungen bei Rollen, Rädern, der Kreisbewegung an unausdehnbarer Schnur.

Die Himmelskörper bewegen sich ja *frei*, nicht auf erkennbaren festen Geleisen. Da seit Galilei das Gesetz der Trägheit bekannt war, erhob sich die Frage: Warum bewegen sich die Planeten nicht, der Trägheit folgend, von der Sonne weg, wodurch sind sie an den Zentralkörper *gebunden*, da doch nichts wie Seil oder Schnüre zu beobachten sind? Diese Frage drängte sich, seit der dynamische Begriff der Kraft durch Galilei bekannt war, immer stärker in den Vordergrund des ganzen Problems und um so mehr, als man auch in elektrischen und namentlich magnetischen Erscheinungen Wirkungen ohne sichtbare Verbindungen, sogenannte *Fernwirkungen* kennen gelernt hatte.

Diese Frage *nach der Natur* der Fernwirkungen ist bis zur Stunde ungelöst geblieben; Newton hat das *Vorkommen* solcher Kräfte als eine Tatsache elementarster Art hingestellt und als speziellen Fall die Schwere erkannt, er hat die *Gesetze* aufgewiesen, nach welchen solche Kräfte wirken müssen, um die tatsächlich zu beobachtenden Bewegungen zu veranlassen. Durch das Newtonsche Gravitationsgesetz werden die Kepplerschen in einen Ausspruch zusammengefasst, dazu auch die Bewegungen aller kosmischen Körper, und indem es als Vorbild für die Aufstellung elektrischer und magnetischer Grundgesetze diente, ist es möglich geworden, Einheit, Übersichtlichkeit und Gleichmäßigkeit in die *Beschreibung* fast aller physikalischen Naturerscheinungen zu bringen; so bedeutend war die Reichweite der Kraft dieses Gesetzes, dass es begreiflich ist, wenn nun durch Jahrhunderte hindurch die Aufstellung solcher *Gesetze* als Endziel der Naturwissenschaft angesehen wurde.

Gibt denn nun das Newtonsche Gravitationsgesetz eine *Erklärung* der Wirkung von Zentralkräften? Dies ist sicher dann nicht der Fall, wenn unter *Erklärung* verstanden sein soll, dass ein Phänomen als notwendig erkannt sein soll, als eines, welches nicht anders sein könnte, als wie es ist. Newtons Gesetz sagt nur aus, dass wenn zwei Körper gegeben sind, sie aufeinander wirken mit einer Kraft, welche die Eigenschaft hat, mit dem Quadrat der Entfernung abzunehmen. *Dass* es solche Kräfte gibt, ist für uns eine *Tatsache*, welche nicht auf einfachere oder bekanntere zurückführbar ist, über deren Vorhandensein wir so wenig eine Notwendigkeit stipulieren können, wie darüber, dass es für

uns und die Welt eine Existenz gibt. Das Newtonsche Gesetz ist also ein beschreibendes und wenn wir es als eine Erklärung ansprechen wollen, so müssen wir Erklärung selbst als möglichst vollständige Beschreibung definieren, wie das jetzt auf physikalischem Gebiet gebräuchlich geworden ist. Es ist ein Zeichen der unvergleichlichen Geistesschärfe und Tiefe Newtons, dass er in dieser Beziehung Ansichten hatte und in aller Schärfe zum Ausdruck brachte, zu denen wir uns nicht ohne Mühe in den letzten Dezzennien durchgearbeitet haben. Die Erreichung der Newtonschen Erkenntnis ist die Frucht der Erfahrung, dass es noch in keinem Fall gelungen ist, über die Natur von Kräften mehr angeben zu können, als ihre Tatsächlichkeit.

Der Gang der Entwicklung des Gravitationsproblems ist typisch für die Ausbildung anderer physikalischer Wissensgebiete, der Optik, der Lehre von Elektrizität und Magnetismus: Immer handelt es sich um die Gewinnung möglichst umfassender allgemeiner Aussagen, welche die Einzelerscheinung in sich schliessen und dadurch Übersichtlichkeit und Ordnung in die Fülle der Einzel-erkenntnisse bringen; es ist aber hier noch zu erwähnen, dass die Elektrizitätslehre über die Newtonsche Auffassung von Kraftwirkungen hinaus geführt hat, insoweit als jetzt die *Ausbreitung* von Kräften nicht mehr als unvermittelte Fernwirkung aufgefasst werden kann, sondern als an ein übertragendes Medium, den Weltäther gebunden erscheint; aber worin der Mechanismus der Kraftübertragung besteht, und wodurch einzelne Stellen im Äther zu Kraftzentren werden und wie durch solche Wirkungszentren die Eigenschaften dessen zustande kommen, was wir als Materie bezeichnen. Diese umfassendste Generalisation unserer wissenschaftlichen Erkenntnisse ist weiteren Entwicklungen in der Zukunft vorbehalten.

VIII.

Technik und Wissenschaft, diese großen Kulturkräfte zeigen bei aller Verschiedenheit ihrer Ziele und Methoden — erstere als schaffende, gestaltende Kraft, letztere Erkenntnisse sammelnd und ordnend, in allgemeine Übersichten zusammenfassend — natürlich mannigfaltige Beziehungen und Beeinflussungen. Nicht nur, dass

der Techniker alle Errungenschaften der Wissenschaft sich aneignet und sie für die Praxis des Lebens fruktifiziert und dass der Wissenschaftler gelegentlich Techniker werden muss, um sich die Hilfsmittel der Forschung, Apparate und Instrumente zu beschaffen, sondern auch in ihren Wachstums- und Lebensbedingungen. In dieser Hinsicht ist ja zu sagen, dass die Wissenschaft, indem sie sich mit den instinktiv erlangten Errungenschaften der Technik, den einfachen Maschinen wie Hebel und schiefe Ebene und den Wurfinstrumenten wie mit gegebenen Objekten der Natur beschäftigte, zum Ausbau der *ersten* Grundlagen der Physik, nämlich der *Mechanik* geführt worden ist. Die Technik hat sich dann freilich ihre eigene Wissenschaft geschaffen, das wurde notwendig, nachdem ihre Konstruktionen immer großartiger und komplizierter geworden waren, sodass die primitive Überlieferung wie früher beim Handwerksbetrieb nicht mehr ausreichte und die lehrende Übermittlung des Erreichten für sich zum Beruf werden musste; namentlich seit der Dampfmaschinenperiode hat ja die technische Wissenschaft einen so rapiden Aufschwung genommen, dass heute die Wissenschaft der Technik ebenbürtig in den polytechnischen Schulen der reinen Wissenschaftslehre zur Seite steht; aber der Kontakt bleibt auch jetzt noch ein ununterbrochener und dauernder. Man kann geradezu sagen, dass, was physikalische Forschung an neuen Entdeckungen oder Interpretationen älterer Errungenschaften ihrem bisherigen Bestand hinzufügen kann, über kurz oder lang in den Dienst der Technik gestellt wird und dadurch in irgend einer Art dem Wohl der Menschheit zugute kommt; meist vollzieht sich dieser Prozess sehr rasch; ein schlagendes Beispiel dafür haben wir in der Geschichte der Verkehrstechnik, welche schon die allerälteste bekannt gewordene Stromeswirkung, die Zersetzung des Wassers zu telegraphischen Zwecken verwertbar zu machen suchte, später kamen die elektromagnetischen Wirkungen zu gleichem Zweck an die Reihe. Die Erkenntnisse der Induktionsgesetze führte zur Telephonie, und kaum waren die wissenschaftlich so sehr wichtigen Beobachtungen von Hertz über rasche elektrische Schwingungen, ihre Fortpflanzung und einige zuerst kaum experimentell fassbare Wirkungen derselben einigermaßen bekannt geworden, als auch schon die drahtlose Telegraphie zur Tatsache wurde. Wir stehen gegenwärtig mitten in der Entwicklung

eines neuen Forschungsgebietes der Lehre von den Strahlungen — aber schon sind Kathoden, und β - und γ -Strahlen in den Dienst medizinischer Technik zu diagnostischen und therapeutischen Zwecken genommen worden.

Auch jede neue Errungenschaft der wissenschaftlichen Geologie wird von praktischer Bedeutung für technische Unternehmungen. Dass auch die Mathematik und nicht nur in der Gestalt, die sie sich selber gibt, sondern in spezifischer Verarbeitung für die Probleme der Technik in allen Zweigen als mächtiges Hilfsmittel ihre Dienste zu leisten hat, geht aus dem Umstände hervor, dass die Höhe technischer Wissenschaft nach der mathematischen Ausgestaltung ihrer Lehrgebiete bemessen zu werden pflegt.

Wie die Wissenschaft die Technik erfolgreich zu unterstützen und zu fördern vermag, so leistet umgekehrt die Technik der Wissenschaft nach vielen Richtungen wesentliche, durch nichts ersetzbare Gegendienste, durch Impulse, welche sie gibt, durch Vervollkommnung ihrer Forschungsmittel. Es ist schon erwähnt worden, dass die allerältesten Hilfsmittel der Technik, wie Hebel, Keil, schiefe Ebene, — die sogenannten einfachen Maschinen — ferner einfache hydraulische Motoren, die Wurfmaschinen, Anstoß gegeben haben zu wissenschaftlichen Untersuchungen, durch welche der älteste Teil der Physik begründet wurde, die Mechanik. Es sei hier auch daran erinnert, dass die uralte technische Vorrichtung, welche als Ziehbrunnen bekannt ist, Torricelli dazu geführt hat, denn *horror vacui* zu erkennen als Folge der Existenz des Atmosphärendrucks. Um ein Beispiel aus unserer Zeit anzuführen, so unterliegt es keinem Zweifel, dass dem I. Hauptsatz der Wärmetheorie, welcher zum Prinzip der Erhaltung der Energie führte, nicht so bald das den Gang physikalischen Geschehens regulierende Prinzip, welches als zweiter Hauptsatz der Wärmetheorie bezeichnet wird, hätte an die Seite gestellt werden können, wenn nicht durch die Erfindung der Dampfmaschine dazu der Anstoß gegeben worden wäre. Zahlreich sind auch die Impulse, welche die Elektrotechnik, so zum Beispiel die elektrische Beleuchtungstechnik und die Wechselstromtechnik der Wissenschaft gebracht haben; es würde hier zu weit führen, das im einzelnen aufzuführen, wir müssen uns auf einige Typen dieser Erscheinung beschränken.

Unzählig sind auch die Hilfsmittel, welche die Technik der Wissenschaft in der Hebung und Verbesserung des wissenschaftlichen Instrumentariums liefert. Wohl schaffte die physikalische Wissenschaft sich ihre Apparate selbst und wusste sie den jeweils vorliegenden Forschungsproblemen *ad hoc* zu adaptieren. Aber erst der Elektrotechnik verdanken wir es und ihrem Massenbedarf, dass heutzutage die Messung von Stromstärken, elektromotorischen Kräften, Widerständen, hohen Temperaturen bis 1500 Grad, welche bisher ingeniose und umständliche Beobachtungsmethoden nebst zeitraubenden Berechnungen benötigten, auf einfache Ablesungen an sogenannten Zeigerinstrumenten reduziert sind und dabei hat auch noch die Genauigkeit und Sicherheit dieser Messungen bedeutend zugenommen. Die Technik liefert uns Materialien mit idealen Eigenschaften; Metalle mit unveränderlichem spezifischen Leitungswiderstand, Gläser, die über 1000 Grad Temperaturen aushalten, Aufhängefäden für feine Messinstrumente bis zu eintausendstel Millimeter Dicke herunter, wodurch die Genauigkeit und Feinheit vieler Messungen um das Hundertfache erhöht wird; sie schafft, weil sie sie selber braucht (zum Beispiel zur Evakuierung der Glühlampenbirnen), Luftpumpen, welche in Zeit einer Minute früher nach stundenlanger Arbeit kaum erreichbare Vacua herstellen lassen; dieses wichtige Hilfsmittel hat die Entwicklung der neuern Strahlungslehre gerade zur rechten Zeit wirksam gefördert. Tiefste Kälte und höchste Hitze stehen heute durch Vermittlung der Technik der physikalischen Forschung, man kann fast sagen handelsmäßig, zur Verfügung und erweitern unsere Kenntnis des Geltungsbereiches physikalischer Konstanten und Gesetzmäßigkeiten in ungeahnter Weise. Unschätzbare, durch nichts, auch nicht durch die splendifertesten Laboratoriumskredite ersetzbare Dienste, leistet die Technik als Nebenprodukt der *Geologie*, indem sie durch vertikale Bohrlöcher in den Bergwerkschachten und durch horizontale Löcher in den Eisenbahntunnels die Zusammensetzung, Struktur und physikalische Beschaffenheit der Erdrinde erschließt und dadurch die Prüfung bestehender oder in Bildung begriffener Theorien ermöglicht. Denselben Dienst der Meteorologie zu leisten dürften die Errungenschaften der neuern Luftschiffahrt bestimmt sein.

* * *

Die hier aufgeführten Beispiele der gegenseitigen Durchdringung und Förderung von Wissenschaft und Technik können kaum mehr als die Andeutung von *Gruppen* von Beziehungen darstellen; es sind nur einige *Typen* von Wechselbeziehungen der hier betrachteten Kulturmächte; sie machen es verständlich, dass man heutzutage vielfach bestrebt ist, dem Zusammenwirken der Kulturbewegungen in Wissenschaft und Technik durch Zusammenziehung ihrer Lehre an hohen Schulen äußerem Ausdruck zu geben; das kann nichts schaden; doch halte ich es nicht für notwendig. Trotz aller Verschiedenheit in ihren Triebfedern und trotz aller Selbständigkeit und Freiheit in ihrer Entwicklung *haben* sich Wissenschaft und Technik gefunden in unabänderlichem Streben nach Hebung der menschlichen Kultur, und so wird es auch in Zukunft bleiben.

* * *

Aber wenn wir uns zum Schlusse fragen, wohin sie die Menschheit noch führen werden, etwa bis in hundert oder gar bis in tausend Jahren, dann müssen wir uns sagen: Trotzdem eine viertausendjährige Entwicklung von traumartigen Anfängen bis zur heutigen Höhe vor uns liegt: *Wir wissen es nicht.*

ZÜRICH

PROF. DR ALFR. KLEINER

□ □ □

SYLVESTERTROST

Ein tiefer Sonntagsfriede in der Gegend —
Kein Mensch zu sehen ringsum weit und breit!
Bin ich allein auf diesen stillen Straßen
Mit der Erinn'rung an vergang'ne Zeit?

Allein mit längst entschwundenen Gestalten,
Die von mir scheuchen Einsamkeit und Angst —
Wie arm bist du, mein Herz, wenn du verlangend
Und stürmisch nur an Lebewesen hangst!

Die Toten einzig halten immer Treue!
Sie sind dir Stab und Stecken Tag für Tag,
Und jeder hat ja Tote, die ihm helfen,
Wenn auch Vergessen auf den Gräbern lag.

So steig' ich mit den Toten nun zu Tale,
Wo jauchzt im Taumel Leben, Lust und Glück;
Nicht kargt die Seele. Wirbelt froh die Menge
Der Zukunft zu, dann schweift mein Blick zurück.

NANNY VON ESCHER