

# Die Grundlagen des technischen Denkens und der technischen Wissenschaft

Von

**Th. Jansfen**

Regierungsbaumeister a. D.  
Privatdozent an der Königl. Techn. Hochschule zu Berlin



**Berlin**

Verlag von Julius Springer

1917

ISBN-13: 978-3-642-89901-0

e-ISBN-13: 978-3-642-91758-5

DOI: 10.1007/978-3-642-91758-5

**Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung  
in fremde Sprachen, vorbehalten.**

Copyright 1917 by Julius Springer in Berlin.

Reprint of the original edition 1917

## Inhalt.

	Seite
Einleitung . . . . .	1
I. Mittel der Erkenntnis . . . . .	2
II. Die Grundlagen des Geschehens . . . . .	10
III. Ziele und Zwecke . . . . .	19
IV. Das Prinzip der Wirtschaftlichkeit . . . . .	22
V. Die Elemente der Güterherstellung . . . . .	37
VI. Entwicklung der Technik . . . . .	44
Schlußbetrachtung . . . . .	48

Herr Professor Dr. Ing. Kloß hat in seiner Rede beim Antritt des Rektorats an der Königl. Technischen Hochschule zu Berlin am 1. Juli 1916 den Allgemeinwert technischen Denkens in überzeugender und echt deutscher Weise nachgewiesen, es dürfte daher wohl nicht unangebracht sein, auch einmal das Wesen des technischen Denkens und seine Grundlagen einer Erörterung zu unterziehen, um das Allgemeinverständnis dafür zu fördern. Die allgemeine Bedeutung der Technik und der technischen Wissenschaften als Ganzes für die Kulturentwicklung ist bisher immer noch stiefmütterlich behandelt worden, an unseren technischen Hochschulen ist sie von den Fachwissenschaften in den Hintergrund gedrängt und die Allgemeinheit hat sich wenig darum gekümmert, vielmehr die Fortschritte in den technischen Leistungen als etwas Selbstverständliches hingenommen. Die Spezialisierung im technischen Wissenschaftsbetriebe und die stetigen großen Fortschritte auf den einzelnen Spezialgebieten haben einerseits den Überblick über die ganze Wissenschaft der Technik verhindert und andererseits ist das Wort „Technik“ selbst für die Allgemeinheit ein Hindernis zur Erkennung des Wesens der technischen Wissenschaft. Man kann es ja nicht leugnen, daß mit dem Worte „Technik“ immer noch der Begriff des Handwerksmäßigen verbunden ist, die technischen Ideen erfordern zu ihrer Verwirklichung der handwerksmäßigen Mithilfe, das, was der Welt als technische Leistung vor Augen tritt, ist ohne die Arbeit der Hand nicht wohl denkbar. Deshalb erscheint es aber auch um so notwendiger, einmal in die geistige Werkstatt der Technik hineinzuleuchten und die Allgemeinheit über die geistigen Arbeitsmittel der Technik aufzuklären. Dies soll in den nachfolgenden Ausführungen versucht werden.

## I. Mittel der Erkenntnis.

Die wissenschaftliche Technik ist angewandte Naturwissenschaft, sie geht daher ebenso wie diese davon aus, daß die Dinge durch die Sinneswahrnehmung unserer Erkenntnis zugänglich sind. Sie stellt sich damit von vornherein in Gegensatz zu einer philosophischen Richtung, welche erklärt, daß die Welt nur Erscheinung, nur Vorstellung sei, und daß wir von den „Dingen an sich“ nichts wissen könnten. Wir gehen also davon aus, daß die Dinge auf unsere Sinnesorgane wirken, und zwar sind es unmittelbar nur die Wirkungen der Dinge, welche die Sinne uns zu erkennen geben, wie z. B. Licht, Wärme, Schall usw. Wir empfinden die Wirkungen, welche die Dinge auf unsere Sinne ausüben, und wir ziehen dann aus unseren Sinneswahrnehmungen Schlüsse auf die Außenwelt, wir machen uns Vorstellungen. Unsere Vorstellungen werden also ursächlich durch die Dinge außer uns hervorgerufen, indem diese auf unsere Sinne wirken, und diese Vorstellungen werden ermöglicht durch den Verstand. Denn es genügt nicht die Summe der Empfindungen, die ein Gegenstand in unseren Sinnen erregt, um eine Vorstellung zu erzeugen, dazu ist vielmehr die ordnende Tätigkeit des Verstandes erforderlich.

Empfindungen und Vorstellungen sind also voneinander verschiedene Begriffe, Empfindung ist die Wirkung, die ein Objekt auf unser Bewußtsein hervorbringt, Vorstellung ist das Erzeugnis von Verstand und Bewußtsein aus den Empfindungen. Aus der Summe der Empfindungen, die ein Gegenstand in unseren Sinnen erregt, ordnet der Verstand die Vorstellung. Daraus folgt, daß die Vorstellung nicht allein vom vorgestellten Objekt, sondern auch vom vorstellenden Subjekt abhängt. Im Gehirn eines heute lebenden Naturforschers oder Technikers besteht eine andere Vorstellung von den natürlichen Dingen und Erscheinungen, als s. Zt. im Gehirn eines Aristoteles oder heute noch im Gehirn eines afrikanischen Wilden.

Helmholtz definiert als Eigenschaft eines Dinges die Fähigkeit, auf andere Dinge gewisse Wirkungen auszuüben, zu diesen Eigenschaften gehört also auch die Wirkung auf unsere Sinne, auf unser Empfinden. Wir erkennen also darin eine Eigenschaft des Dinges. Und eine Stichprobe auf die Richtigkeit unserer Vorstellungen geben unsere Handlungen, die von diesen Vorstellungen abhängen. Denn nur dann, wenn unsere Vorstellungen richtige Bilder der Dinge sind, können wir unsere Handlungen so einrichten, daß sie den gewünschten Erfolg haben. Aus der Richtigkeit unseres Handelns können wir auf die Richtigkeit der Vorstellungen schließen, welche Bedingungen dieses Handelns waren. Die Vorstellungen können aber nur richtig sein, wenn sie sich mit den Dingen in Übereinstimmung befinden, andernfalls sind es Sinnestäuschungen. Wenn ein Schlosser nach einem Schlosse ein anderes genau von derselben Art anfertigt, so muß er zunächst eine richtige Vorstellung von dem ersten Schloß gewonnen haben, dann erst gelingt es ihm, das zweite Schloß herzustellen. Weil es aber erfahrungsgemäß möglich ist, auch die verwickeltesten Gegenstände genau nachzuahmen, so können die Vorstellungen des nachahmenden Menschen nicht unrichtig gewesen sein.

Die Vorstellungen sind also nicht nur Wirkungen, sondern zugleich Abbilder der Dinge, sie besitzen tatsächlich noch andere Merkmale als das Merkmal, die Wirkung einer Ursache zu sein, und diese Merkmale müssen mit den Eigenschaften der Dinge übereinstimmen. Wir können daher annehmen, daß die Dinge so sind und so geschehen, wie sie uns erscheinen, daß daher auch die Naturerscheinungen hinreichend getreue Bilder des Geschehens in der Natur sind. Eine absolute Genauigkeit der Vorstellungsbilder besteht natürlich nicht, braucht auch nicht zu bestehen. Die Genauigkeit ist abhängig von der größeren oder geringeren Vollkommenheit unserer Sinne. Wir können auch unsere Sinneswahrnehmungen künstlich vervollkommen, indem wir uns künstlicher Hilfsmittel bedienen, wie z. B. des Mikroskopes oder des Fernrohrs. Aber es bleibt immer eine Grenze für unsere Sinneswahrnehmungen und von den jenseits der mit unseren Sinnen erkennbaren Dingen haben wir keine Vorstellung, sofern wir sie nicht aus den sinnenfälligen Tatsachen mit Sicherheit zu erschließen vermögen. Ebenso können uns Dinge, für die wir keinen Sinn haben, verborgen bleiben, so fehlt uns z. B. für Elektrizität und Magnetismus ein besonderer Sinn, darum wäre denkbar, daß die Mensch-

heit von ihnen nichts wüßte, wenn es kein Gewitter und kein Eisen gäbe. Von den Röntgenstrahlen z. B. haben wir tatsächlich lange nichts gewußt.

Die Grundlage alles technischen Denkens ist also einmal, daß unsere Sinne die Mittel zur Erkennung der Außenwelt sind, daß unser Verstand ein der Wirklichkeit angepaßtes Werkzeug des Erkennens ist, und sodann, daß die Außenwelt nicht bloß unsere Vorstellung, sondern ein unserem Erkennen zugängliches reales Objekt ist. Die Arbeitsmittel der Technik sind ebenso wie die der Naturwissenschaft Beobachten und Nachdenken, wieder im Gegensatz zur Philosophie, welche sich mit dem Nachdenken allein begnügt.

Beobachten ist die Grundlage für unser Urteil und unsere Schlüsse. Nachdenken allein führt auf Irrwege, wie die Naturphilosophie der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts bewiesen hat. In allen Fällen liegt der Sinneswahrnehmung eine Äußerung der objektiven Welt zugrunde, die von der Sinnesempfindung völlig verschieden sein kann, die sich aber dem Nachdenken und der wissenschaftlichen Zerlegung zugänglich erweist und dann durch das Experiment erschlossen werden kann.

Der Mensch wird ohne Vorstellungen geboren, jedoch mit der Fähigkeit, Vorstellungen zu bilden, die hinreichend richtige Bilder der Dinge sind, und die Bildung solcher richtigen Vorstellungen lernt er durch Erfahrung. Erfahrung ist eine vom Nachdenken durchgeistigte und durch Kritik gereinigte Beobachtung, darum müssen auch Beobachten und Nachdenken gelernt und richtig gehandhabt werden, um uns brauchbare Erfahrungen zu sichern. Dann ist aber Erfahrung, wie bereits der Astronom J. Herschel sagt: „die mächtige und in der Tat einzige, letzte Quelle der Naturerkenntnis, worunter aber nicht allein die Erfahrung eines einzelnen Menschen oder einer Generation, sondern die angehäuften Erfahrungen aller Menschen zu allen Zeiten, wie sie in Büchern zusammengetragen oder durch Tradition überliefert worden, zu verstehen ist“.

Die Aufgabe der technischen Wissenschaft besteht nun darin, die Naturerscheinungen, soweit es möglich ist, nicht allein zu erkennen, sondern auch zu begreifen und zu erklären.

Erkennen ist ein Vergleichen, ein Abmessen des Unbekannten mit dem Bekannten. Da aber für verschiedene Menschen bald dies, bald jenes unbekannt ist, so kann die Richtung des Erkenntnisprozesses eine sehr wechselnde sein. In der Wissen-

schaft gibt es indessen einen festen Grundstock des Bekannten, an den im weiteren Fortschritt geistiger Arbeit das neu Erkannte sich angliedert, und das ist wieder die Erfahrung. Immer bleibt aber das Erkennen bedingt durch die Eigenschaften und Leistungsfähigkeit unseres Verstandes.

Begreifen ist eine Funktion des überlegenden Verstandes, nur was dem Auffassungsvermögen unseres Verstandes sich fügt, ist begreiflich. Sicher sind bei verschiedenen Menschen Abstufungen des Begreifens vorhanden und es ist äußerst fraglich, ob wir jemals begreifen werden, wie unsere Intelligenz auf Nerven und Muskeln einwirkt, um irgend eine Handarbeit anzufertigen. Unser Begreifen ist auch begrenzt, denn unbegriffen sind die fundamentalen Naturkräfte, Schwerkraft, Kohäsion, chemische Zugkräfte usw. Wir begreifen nur die Wirkungen der Kräfte, sowohl der mechanischen wie der intelligibelen, in ihren Erscheinungen, aber nicht das Wie ihres Wirkens. Trotzdem darf sich aber der Versuch zu begreifen nicht auf das äußerliche Nebeneinander, auf Masse, Form und Gefüge der Dinge beschränken, sondern er muß ihren inneren, ihren Kausalzusammenhang, ihre gesetzmäßige Verknüpfung zu ermitteln suchen, er muß Tatsachen beobachten und über ihren Zusammenhang nachdenken und Gesetze daraus ableiten.

Soweit die Dinge und Erscheinungen für uns begreiflich sind, sind sie auch erklärbar. Erklären heißt beschreiben. Die einfachste, aber nur in beschränktem Umfange anwendbare Form der Erklärung ist die Zeichnung. In den meisten Fällen wird die Beschreibung sich der Worte oder der Begriffe bedienen. Wir begnügen uns aber mit der Beschreibung nicht allein, sondern trachten auch den Zusammenhang zwischen den Dingen zu verstehen, darum suchen wir die zu erklärende Erscheinung durch andere, uns bekannte Erscheinungen zu erläutern. Im Interesse der Einfachheit sind aber in unserer Erklärung immer nicht mehr Vergleiche durchzuführen, als für eine ausreichende Beschreibung notwendig sind. Das Erklären hat an und für sich noch nichts mit dem Nachweis der Ursachen einer Erscheinung zu tun. Der Entdecker der Spektralanalyse Kirchhoff<sup>1)</sup> sagt: „Ich stelle es als die Aufgabe der Mechanik hin, die in der Natur vor sich gehenden Bewegungen vollständig und auf die einfachste Weise zu beschreiben. Ich will damit sagen, daß es sich nur darum handeln soll, anzugeben, welches die

---

1) Vorlesungen über mathematische Physik. Leipzig 1876.

Erscheinungen sind, die stattfinden, nicht aber darum ihre Ursachen zu ermitteln.“ Und was für die Mechanik richtig ist, gilt ebenso für alle anderen Naturwissenschaften.

Aus den Erfahrungen des täglichen Lebens sind wir davon überzeugt, daß jedes Geschehen die Wirkung einer Ursache ist. Aber aus einer Wirkung dürfen wir noch nicht auf die Beschaffenheit einer Ursache schließen. Eine und dieselbe Ursache bewirkt in unseren verschiedenen Sinnen ganz verschiedene Empfindungen, die von der Natur der Sinnesorgane abhängen. So leuchtet ein glühendes Eisen für unser Auge, während es unserer Haut genähert ein Gefühl von Wärme hervorruft. Die sogen. Kausalität, die Verknüpfung der Erscheinungen als Ursache und Wirkung, ist eine außerordentlich verwickelte. Wir vermögen nicht die ganze Ursache des Geschehens darzulegen, sondern können nur sagen, daß alle Veränderungen in der Natur an Bedingungen geknüpft sind. Und es ist dann die Aufgabe, festzustellen, ob die Erscheinungen stets mit den Bedingungen verbunden auftreten oder nicht. Ist der Zusammenhang ein regelmäßiger, fällt z. B. ein Stein, den wir in die Luft werfen, immer wieder zur Erde zurück, so schließen wir auf einen notwendigen und gesetzmäßigen Zusammenhang der Erscheinungen. Wenn also die kausale Abhängigkeit sich unter bestimmten Bedingungen unabänderlich wiederholt, so wird sie in jenen Erscheinungen zur Notwendigkeit. Die ausnahmslose Wiederkehr von Veränderungen in der Erscheinungswelt unter bestimmten Bedingungen nennen wir dann ein Naturgesetz. Ein solches Gesetz ist also eine Abstraktion von den Erscheinungen und insofern ein Produkt unseres Verstandes, aber seinen Grund, seine Wurzel hat es in den Vorgängen selbst. Durch die Übertragung des an einer großen Zahl von Einzelfällen durch Erfahrung gewonnenen Gesetzes auf jeden beliebigen Einzelfall der betreffenden Gattung wird die gesetzmäßige Folge der Bedingungen erhärtet, das Gesetz ist imstande vorauszusagen, daß ganz bestimmte Tatsachen unter gewissen Bedingungen eintreten.

Durch die Natur unseres Verstandes werden wir getrieben, nach den Bedingungen des Geschehens zu forschen. Unser Erkenntnistrieb ist ebenso unersättlich wie der Erwerbstrieb Englands. Unsere Aufgabe ist es, möglichst viele von diesen Bedingungen zu ermitteln, überall auf die Abhängigkeit der Erscheinungen und die Art ihrer Verbindung zu achten, besonders auf die übereinstimmende Wiederholung der Veränderungen. Dann dürfen wir von Kausal-

forschung und von Kausalerklärung sprechen in dem Bewußtsein, daß dieses nichts anderes heißt als: in unsere Beschreibungen auch die Abhängigkeit der Erscheinungen voneinander aufzunehmen. Die Kausalität ist also eine aus der Erfahrung geschöpfte Anschauung, der in der wirklichen Welt eine Verknüpfung des Geschehens nach dem Verhältnis von Wirkung und Ursache oder vom Abhängigen und Bedingung entspricht. Als Wirkung können wir jede Tatsache hinstellen, von der Ursache erkennen wir immer nur einzelne Stücke. Die wirkliche Ursache ist als Ganzes so wenig anschaulich, wie beispielsweise der unendliche Raum. So hat es die Mechanik mit der Bewegung der Körper zu tun ohne Rücksicht auf ihre Beschaffenheit, und da sie so wenig wie eine andere Wissenschaft imstande ist, die ganze Ursache der Bewegungen darzulegen, so setzt sie dafür ein Symbol, das ist der Begriff der Kraft. Mit dem Worte Kraft personifiziert sie die Summe der Bedingungen einer Bewegung, die in ihren Sätzen sonst als ein Unbekanntes erscheinen müßte.

Im Wirken der Kausalität können neben den notwendigen auch zufällige Verknüpfungen der Vorgänge miteinander wechseln. Daher muß man bei allem Beobachten darauf achten, daß man das zufällige Geschehen von dem gesetzmäßigen und geordneten Geschehen sorgfältig auseinanderhält, wenn man nicht einen Fehler begehen will, der das Ergebnis der ganzen Arbeit in Frage stellen kann. Zufall ist ein Geschehen, das mit einem anderen Geschehen zusammentrifft; mit dem es nicht in ursächlichem Zusammenhang steht. Der Begriff des Zufalls ist ein berechtigter und der Zufall spielt auch in der Natur eine Rolle.

Das geordnete Geschehen, das uns umgibt und einen Gegensatz bietet zur Regellosigkeit des Zufalls, ist teils auf die der Natur innewohnenden Gesetze, wie bei dem Wechsel von Tag und Nacht, Sommer und Winter, teils auf den Willen des Menschen, auf menschliche Arbeit, wie bei allen technischen Arbeiten zurückzuführen. Jede Arbeit verrichtet der Mensch durch seine Kraft, diese ist teils körperlicher Art, Muskelkraft, teils geistiger Art, Vernunft oder Intelligenz. Die Muskelkraft entspricht der mechanischen Kraft in der leblosen Natur, es wurde der Kraftbegriff vom Menschen in diese übertragen. Die Intelligenz des Menschen ist dagegen etwas Besonderes und besitzt kein Seitenstück in der unbelebten Natur. Muskelkraft und Intelligenz vereinigen sich in den Arbeiten des Menschen zu gemein-

samen Wirken. Und die Intelligenz durchbricht nicht die Naturgesetze, sondern benutzt die Naturkräfte stets im Rahmen der unabänderlichen Naturgesetze. Die Kräfte der Natur werden durch die Intelligenz gelenkt und verknüpft, doch niemals wird ihr gesetzmäßiger Zusammenhang aufgehoben oder beeinträchtigt. Es ist gerade die Aufgabe der Intelligenz, innerhalb des Bereiches der Naturgesetze ihre Probleme zu lösen. Die Intelligenz ist vom Menschen auf materielle Systeme übertragbar, eine Maschine kann z. B. die Intelligenz ihres Erfinders vereinnahmen und in ihren Leistungen wieder verausgaben, sie ist aber etwas anderes wie Energie, denn während diese unzerstörbar, ist die Intelligenz eines Gallilei, eines Newton mit ihrem Tode verschwunden, ohne sich in einen gleichwertigen Ersatz zu verwandeln.

In den Handlungen menschlicher Intelligenz tritt uns nun ein weiterer Begriff, der Begriff des Zweckes, entgegen. Ein Messer hat den Zweck, zu schneiden, ein Hebel den Zweck, eine Last zu heben, eine Flinte den Zweck, ein Geschöß nach einem fernen Ziel zu schleudern, eine Dampfmaschine hat den Zweck, mechanische Arbeit zu leisten usw. Aber auch der Künstler arbeitet zweckmäßig, der Maler muß seine Pinselstriche zweckmäßig setzen, wenn das Bild gelingen soll. In allen von Menschen gebildeten Werkzeugen und Kunstwerken ist der Zweckbegriff gewissermaßen erstarrt. Jeder Zweck ist auf ein Ziel gerichtet und ohne Absicht kann ein Zweck nicht zustande kommen, er fordert einen zwecksetzenden und darum intelligenten Willen als Urheber. Jede Handlung menschlicher Intelligenz ist im gewissen Sinne zweckmäßig oder sie ist fehlerhaft. Die Zwecke werden durch Mittel hervor gebracht, wie Wirkungen durch Ursachen, aber die Zwecke vollziehen sich nur im Rahmen der Kausalität. Wenn jemand ein Haus baut, so verwirklicht er dabei einen Zweck. Allein die Mittel, durch die er den Zweck erreicht, sind Wirkungen von Ursachen, die in ihrer Gesamtheit jenen Zweck ausmachen. Das Fällen des Bauholzes, das Brennen der Ziegel, das Mischen des Mörtels sind Bedingungen für den Bau. Aus dem Getriebe der Kausalwirkungen tritt daher die Zweckhandlung niemals heraus, obwohl sie die Kausalwirkungen sich dienstbar macht.

In der wissenschaftlichen Technik macht nun die menschliche Intelligenz die Stoffe und Kräfte der Natur ihren Zwecken dienstbar, ihre Erforschung ist also die Grundlage der wissenschaftlichen Technik. Beobachten und Nachdenken sind die Mittel zur

Erkenntnis der Naturkräfte und Naturgesetze. Aber unsere Erkenntnis ist nur Stückwerk, die ganze Wahrheit vermögen wir nicht zu erkennen. Wissenschaft ist nicht Inbegriff aller Wahrheit, sondern ein Kampf um die Wahrheit, denn die ganze Wahrheit bleibt für unser Erkennen unerreichbar. Wir halten dasjenige für wahr, zu dessen Annahme unsere Sinne und unser Verstand uns zwingen. Daher ist Wahrheit nicht gleichbedeutend mit der Wirklichkeit, sondern bedeutet die Wirklichkeit im Spiegel unserer Auffassung, sie ist ein Produkt aus der Wirklichkeit und unserem Erkenntnisvermögen. Wir müssen aber, wie bereits ausgeführt, annehmen, daß die Dinge der Außenwelt, so wie sie von allen wahrgenommen werden, auch wirklich sind, daß sie ihrer Erscheinung in allen wesentlichen Stücken entsprechen, daß ihre Erscheinung Wahrheit ist, denn sonst hätte die Naturwissenschaft keinen Boden unter den Füßen und die Erfahrung wäre wissenschaftlich bedeutungslos. Dagegen müssen wir unterscheiden zwischen absoluten und relativen Wahrheiten. Absolute Wahrheiten haben wir in der Mathematik, Physik und Chemie, so wird z. B. an der absoluten Richtigkeit des pythagoräischen Lehrsatzes, des Newtonschen Gravitationsgesetzes usw. niemand zweifeln und ebensowenig an der Wahrheit, daß Wasser aus Wasserstoff und Sauerstoff besteht, wenn auch unsere jetzige Anschauung von den Elementen vielleicht in der Zukunft noch geändert werden wird. Bei anderen verwickelteren Problemen ist unsere Erkenntnis unvollkommen, es tritt dann ein subjektives Element in unsere Erkenntnisse und es kann die Wahrheit, die wir gefunden zu haben glauben, über Nacht sich als ein Irrtum entpuppen. Es kommt dann darauf an, aus den Tatsachen das, was als Wahrheit angesehen werden kann, zu kombinieren und diese relativen Wahrheiten nennen wir Hypothesen. Die wissenschaftliche Hypothese ist vollberechtigt und kann von höchstem wissenschaftlichen Werte sein, besonders wenn man sich der zeitweiligen Bedeutung dieses Wertes bewußt bleibt. So hat beispielsweise in der Chemie die Atomhypothese gewaltige Fortschritte unseres Wissens angebahnt und es wäre die Zurückführung des Lichtes auf eine Wellenbewegung unmöglich gewesen ohne die Hypothese des Äthers. Aber jede Hypothese ist Stückwerk und wir müssen daher bestrebt sein, mit einem Minimum von Hypothesen auszukommen. Erst wenn eine Hypothese sich soweit mit den Erscheinungen deckt, daß sie alle umfaßt, wird sie zu einer Theorie, die ihren fragwürdigen Charakter verliert. Der Unter-

schied zwischen Hypothese und Theorie liegt also darin, daß unter Theorie die Erklärung des Einzelnen unter dem Allgemeinen, der Tatsache unter dem Gesetz zu verstehen ist, während Hypothese eine versuchte, aber noch nicht ausreichend durch die Tatsache bestätigte Theorie ist. Hypothese ist also nur die Bedingung oder Voraussetzung, auf die etwas anderes als Folge sich stützen soll, die bloß vorläufige Annahme, die noch unbewiesene Voraussetzung einer Ursache, die, falls sie vorhanden ist, eine gegebene Erscheinung oder Tatsache zu erklären geeignet ist. Die Begriffe Hypothese und Theorie sind sehr oft verwechselt worden, häufig war in der Wissenschaft von einer Theorie die Rede, die später als eine ganz unzulänglich begründete Hypothese sich enthüllte. Es macht ja jeder seine Fehler, nicht nur Beobachtungsfehler, sondern auch Denkfehler, die wichtigste Aufgabe ist daher, diese Fehler nach Möglichkeit zu erkennen, dann zu verbessern und auszuschneiden.

## II. Die Grundlagen des Geschehens.

Alles Geschehen in der Natur beruht auf Bewegung. Unter Bewegung verstehen wir die Veränderungen eines Dinges in Raum und Zeit. Die Bewegungen der Dinge unterscheiden sich durch ihre Geschwindigkeit und Richtung, wir haben zwischen Art, Größe und Richtung der Bewegungen zu unterscheiden. Die Geschwindigkeit ist eine Funktion der Zeit, die Richtung eine Beziehung des Raumes. Die Ereignisse geschehen entweder zugleich oder nacheinander, ist letzteres der Fall, so sind sie durch etwas getrennt, das die Sprache Zeit nennt. Gleichzeitig bestehende Dinge befinden sich nicht an derselben Stelle, das wäre unmöglich, sie sind durch etwas getrennt, das wir Raum nennen.

Raum und Zeit bilden also das Medium, in dem die Dinge sich bewegen. Dadurch sind Raum und Zeit Bestandteile der Natur. Wir entbehren eines Sinnes für ihre unmittelbare Wahrnehmung, unser Verstand hat vielmehr die Merkmale von Raum und Zeit von der Natur entlehnt und diese allgemeinen Begriffe durch Abstraktion gewonnen, wie alle allgemeinen Begriffe Verstandeskonstruktionen sind, die in Wirklichkeit nicht bestehen. Überhaupt muß man daran festhalten, daß Namen und Worte nur Symbole sind, die einen Begriff bald mehr bald weniger vollkommen ausdrücken, den Begriff aber fassen wir durch die Anschauung oder

durch eine Definition. Jede Definition hat aber nicht geringe technische Schwierigkeiten zu überwinden und daher sagt auch Schiller: „Es ist nicht zu leugnen, daß die Empfindung der meisten Menschen richtiger ist als ihr Nachdenken, erst mit dem Überlegen fängt der Irrtum an.“ Unser Vorstellungsvermögen von Raum und Zeit ist nur ein beschränktes, nur Räume und Zeiten, die unserer täglichen Erfahrung entsprechen, können wir uns vorstellen und auch in ihren Größenverhältnissen messen. Aber unsere Vorstellung versagt vor den Begriffen des unendlichen Raumes und vor der in Vergangenheit und Zukunft unbegrenzten Zeit, nur durch Schlüsse vermögen wir aus vorstellbaren und anschaulichen Raum- und Zeitgrößen zum unendlichen Raum und zur unendlichen Zeit zu gelangen.

Die Begriffe Raum und Zeit sind zwar von der Natur entlehnt, aber sie sind ohne Gleich- oder Ähnlichkeitswerte in der Natur, und ebenso sind sie auch untereinander nicht gleich oder ähnlich. Die Zeit hat nur eine, der Raum dagegen drei Abmessungen. Darum besitzt die Zeit nur Größe, ist formlos, der Raum kann auch Gestalt annehmen. Dies beweist der mathematische Raum, der etwas Wirkliches ist, aber doch auch nur die Ausdehnung und Stetigkeit des Raumes berücksichtigt und vom Inhalt und von der Beschaffenheit des Raumes absieht. Daher muß daneben noch ein physikalischer Raum angenommen werden. Denn ebenso wie wir vom physikalischen Körper zum mathematischen gelangen und umgekehrt durch Abziehen oder Beilegen von Maße, so müssen wir auch einen physikalischen Raum anerkennen. Als Beweis sei an die Wellenbewegung erinnert. Wir unterscheiden eine Wellenbewegung in einem wägbaren und unwägbaren Medium, zu ersterer gehören die Wellen in Flüssigkeiten und die Schallwellen, auf letzterer beruht die Fortpflanzung des Lichtes, der strahlenden Wärme, der Elektrizität, der Röntgenstrahlen und der  $\gamma$ -Strahlen der radioaktiven Substanzen. Als das unwägbare Medium für diese Wellenbewegungen wird hypothetisch der Äther angenommen, der als stetig durch den ganzen Weltraum verbreitet gedacht wird. Daher ist in der Physik ein ätherloser Raum so wenig vorstellbar wie ein raumloser Äther, und man kann vielleicht sagen, daß mit dem Begriffe Äther nur eine Eigenschaft des Raumes bezeichnet wird, nämlich die Eigenschaft, Energie in Form einer Wellenbewegung fortzuleiten zu können.

Raum und Zeit sind also die ersten allgemeinen Begriffe, die unser Verstand aus dem Naturgeschehen gebildet hat, und in welchem sich alles Geschehen vollzieht. Fragen wir nun weiter nach den Grundlagen des Geschehens, so finden wir zunächst als Träger der Bewegungsvorgänge die Energien. Wir sprechen von mechanischer, chemischer, thermischer, strahlender, elektrischer Energie, und der allgemeine Begriff der Energie schlechtweg ist eine Abstraktion von diesen verschiedenen Energien. Wenn eine Bewegung sich verwirklicht, in räumlicher und zeitlicher Veränderung erkennbar wird, so sprechen wir von kinetischer oder Bewegungs-Energie, und wenn die Bewegung gehemmt oder aufgespeichert ist, so daß sie für unsere Wahrnehmung den Zustand der Ruhe, des Gleichgewichtes bildet, so nennen wir sie potentielle oder Spannungs-Energie. Das Geschehen in der Natur bewegt sich, wenn wir vom Zufall absehen, in den Bahnen strenger Gesetzmäßigkeit. Diese Gesetzmäßigkeit klar erkannt zu haben, ist eins der großen Verdienste Gallileis, und die Richtigkeit seiner Anschauungen haben alle späteren Naturforscher nur bestätigen können. Das Ziel unserer Wissenschaft besteht jetzt darin, die Gesetze zu finden, die dem Wechsel der Erscheinungen zugrunde liegen und sodann diese Gesetze anzuwenden.

Für die Technik kommen im wesentlichen nur die mechanischen und chemischen Vorgänge in Betracht. Das sind Erscheinungen, in denen die Körper, die materiellen Systeme der Physik, eine Rolle spielen, und Chemie und Mechanik bemühen sich, das Gefüge und die Bewegungen solcher materiellen Systeme festzustellen. In chemischer Hinsicht sind alle Körper entweder zerlegbar, dann heißen sie Verbindungen, oder sie sind die unzerlegbaren Bestandteile der Verbindungen, die Grundstoffe oder Elemente. Der allgemeine Begriff, der alle Körper umfaßt, ist der des Stoffes oder der Materie, und mit den allgemeinen Eigenschaften der Materie beschäftigt sich die Physik. Die Materie tritt uns entgegen in den drei Aggregatzuständen als fest, flüssig oder gasförmig, zu ihren wichtigsten Eigenschaften gehören ihre Undurchdringlichkeit, ihre Ausdehnung oder ihr Volumen, ihre Schwere und ihre Unzerstörbarkeit. Die Erfahrung hat uns gelehrt, daß Materie nicht verschwinden und ebensowenig aus nichts neue Materie entstehen, sowie daß sie nicht in etwas umgewandelt werden kann. Daraus schließen wir, daß der in der Welt gegebene Vorrat von Materie unveränderlich ist, und dies ist das Gesetz

von der Erhaltung der Materie, d. i. also ein Erfahrungsgesetz.

Die Materie ist teilbar, und wenn wir uns die Teilung so weit getrieben denken, wie es nur möglich ist, so kommen wir auf kleinste Mengen, die wir Moleküle nennen. Ein Molekül ist aber chemisch immer noch ein zusammengesetztes Ding und besteht aus einer Anzahl Grundstoffe, die wir Atome nennen. Atome sind die Masseneinheiten der Grundstoffe, welche die Verbindungen zusammensetzen. Der Begriff Atom ist aber weiter nichts als ein wissenschaftlicher Hilfsbegriff, er wird sogar in der Chemie und Physik verschieden angewandt. Der Chemiker unterscheidet die Atome der einzelnen Grundstoffe nach ihren besonderen Eigenschaften, der Physiker sieht hiervon ab und nimmt sie als Massenpunkte. Die Materie wirkt auf unsere Sinnesorgane, und diese Wirkung besteht in Bewegungen, die von der Materie ausgehen. Diese Bewegungen haben wir als kinetische Energie definiert und für sie verwenden wir auch das Wort Kraft. Wir sagen, daß von der Materie Kräfte ausgehen und daß die Materie durch die Kräfte bewegt wird. Für den Kraftbegriff gibt es zahlreiche Definitionen. Seiner Entstehung nach dient das Wort Kraft zunächst zur Bezeichnung dessen, was die Muskeln des menschlichen und tierischen Körpers zu leisten vermögen, wenn auch die Muskelkraft selbst ein verwickeltes Etwas ist, das im Innern des lebenden Körpers seinen Sitz hat und in seinen Kausalbeziehungen uns vielfach noch dunkel ist. Das Wort Kraft hat dann eine übertragene Bedeutung erhalten in Willenskraft, Geisteskraft, moralische Kraft, d. i. als Symbol für verwickelte physische Funktionen. Endlich und für uns am wichtigsten wird das Wort angewendet auf Erscheinungen der leblosen Natur in den Worten Wasserkraft, Dampfkraft, Schwerkraft, magnetische Kraft usw. und bezeichnet hier wieder symbolisch den ganzen Umfang der Bedingungen eines Bewegungsvorganges. In der Physik hat man Kraft definiert als die Wirkung zweier Körper aufeinander, als die Ursache einer erteilten Beschleunigung, als das Maß einer Bewegung, als der Antrieb zur Veränderung der Gestalt oder Bewegung eines materiellen Systems und noch auf manche andere Art. Endlich hat man auch die potentielle Energie mit Spannkraft und die kinetische Energie mit lebendiger Kraft bezeichnet. Um daher die mancherlei Unklarheiten, die dem Begriffe der Kraft anhaften, zu vermeiden, hat sich in den technischen Wissenschaften der Begriff der Energie

immer mehr befestigt. Indessen hat auch das Wort Kraft durch unsere Sprache seine Berechtigung erhalten und wird daher in der Mechanik vielfach angewandt.

Das Wort Energie heißt aus dem Griechischen übersetzt Wirksamkeit, Tätigkeit und ist insofern für alle Vorgänge des Geschehens zutreffend gewählt. Die Energie hat auch einen realen Wert, das beweist die Tatsache, daß sich Energie, z. B. chemische, elektrische, thermische Energie kaufen und verkaufen läßt und ihren bestimmten Preis hat wie eine Marktware. In Erkennung des realen Wertes der Energie hat auch unserem Strafgesetzbuch eine neue Bestimmung angefügt werden müssen, um den Diebstahl von Energie treffen zu können, weil nach den früheren Bestimmungen nur bewegliche körperliche Sachen gestohlen werden konnten. Dies berechtigt aber doch noch nicht die Energie nunmehr einfach als Substanz zu definieren oder umgekehrt die Materie selbst für eine besondere Energieform zu erklären, wie es neuerdings versucht wird. Die Energien haften allerdings den Stoffen an und wir sprechen daher auch von chemischen und physikalischen Molekularkräften, aber diese Kräfte sind nur eine Eigenschaft der Materie, die Materie selbst ist keine Kraft oder Energieform.

Eine für die Technik bedeutungsvolle Eigenschaft der beiden Energiearten, Bewegungs- und Spannungsenergie, ist nun, daß sich die eine in die andere ohne Rest umwandeln läßt. Wenn man eine Uhr aufzieht, so wird die Bewegungsenergie der Handmuskeln in Spannung der Uhrfeder verwandelt, die sich im Ablafen des Uhrwerks wieder zu Bewegungsenergie löst. Der gespannte und der spannungslose Zustand eines materiellen Systems sind immer durch eine verschiedene Stellung oder Gestaltung der Teile gekennzeichnet, bei der Uhr z. B. durch das gehobene und gesunkene Gewicht oder durch die gespannte und lose Feder. Diese verschiedene Gestaltung eines materiellen Systems kann aber auch in Verschiedenheit der chemischen Beschaffenheit bestehen. So haben wir in der Pulverladung eines Geschützes Spannungsenergie, die sich durch Vermittelung der Verbrennung in die Bewegungsenergie des Geschosses umsetzt, und die Steinkohle unter dem Dampfkessel stellt gleichfalls Spannung dar, die man zur Erzeugung von Bewegungsenergie benutzt. Von einem materiellen System, das einen Vorrat von Spannungsenergie enthält, sagen wir, daß es sich im labilen Gleichgewicht befindet, und wenn es diesen Vorrat verausgabt hat, nennen wir seinen Gleichgewichtszustand stabil. Die Ver-

ausgabung der Spannung kann auf einmal, wie bei dem Pulver, oder mit Unterbrechungen erfolgen, wie bei der Uhr, die ich beliebig durch das Anhalten des Pendels still stehen lassen und dann wieder weiter gehen lassen kann. Bei der Verausgabung der Spannungsenergie nähert sich das labile Gleichgewicht immer mehr dem stabilen.

Aber nicht allein die beiden Energiearten, Bewegungs- und Spannungsenergie, sondern auch die Mehrzahl aller besonderen Energieformen läßt sich ineinander umwandeln. So verwandeln wir chemische Energie im Ofen in Wärme, in der Dynamomaschine wird mechanische Energie in elektrische umgesetzt, und wenn wir mit letzterer eine Bogenlampe speisen, so verwandelt sie sich in strahlende Energie, die wir Licht nennen, oder wenn wir mit ihr eine Straßenbahn treiben, so verwandelt sie sich wieder in mechanische Energie. Als Werkzeuge für solche Umwandlung einer Energieform in eine andere dienen die Maschinen, und die Konstruktion einer Maschine ist maßgebend für die Beschaffenheit der verbrauchten und der daraus erzeugten Energie. Immer muß aber die eine Energieform aufhören, wenn sie sich in eine andere verwandelt, die mechanische Energie, um Wärme oder Elektrizität usw. werden zu können, muß aufhören mechanische Energie zu sein, und umgekehrt. Aber eine Energieform in Materie zu verwandeln ist nicht möglich, sondern der einmal gegebene Vorrat an Materie bleibt konstant, und es gelingt daher auch nicht, Materie in eine Energieform zu verwandeln. Die Umwandlung der Energie lehrt uns bereits die Natur, so ist die Energie des fließenden Wassers eine aus der Sonnenwärme abgeleitete Energie, indem durch die Wärme das Wasser verdunstet und als Regen, Schnee wieder niederschlagen wird.

Auch die chemische Energie zeigt Zustände der Spannung und Bewegung oder der spannungslosen Ruhe, sodaß wir bei chemischen Verbindungen ebenfalls von labilem und stabilem Gleichgewicht sprechen können. So bilden z. B. das Leuchtgas in der Leitung und der Sauerstoff der Luft miteinander ein labiles System von bedeutender Spannungsenergie. Durch Entzündung am Brenner, d. i. durch Einleitung einer Verbindung zwischen Gas- und Sauerstoff entwickeln sich einerseits Wärme und Licht, andererseits werden durch die Oxydation des Gases zwei Verbindungen gebildet, Kohlensäure und Wasser, die den Zustand stabilen Gleichgewichtes darstellen, weil in ihnen kein Vorrat von Spannungsenergie mehr

liegt. Wollen wir Kohlensäure und Wasser wieder in Leuchtgas oder in irgend eine andere labile, d. h. verbrennliche Kohlenstoffverbindung zurückverwandeln, so bedarf es dazu der Einwirkung einer fremden Energie. Eine solche Rückverwandlung kann mit dem Aufziehen des Uhrwerks verglichen werden und damit kommen wir auf einen neuen Begriff, den Begriff der Arbeit.

Energie läßt sich in Arbeit umwandeln. Die Physik definiert den Begriff der mechanischen Arbeit als das Produkt aus der wirksamen Energie und der Strecke, um die sie einen Körper fortbewegt. Wenn Energie auf ein materielles System einwirkt und seine Gestaltung verändert, so leistet sie Arbeit an dem System, in der Regel wird dabei Spannungsenergie erzeugt, die durch Umwandlung in Bewegungsenergie wiederum Arbeit zu leisten vermag. So ist das Aufziehen der Uhr, die Herstellung von Schießpulver eine Arbeit, die Spannungsenergie aufspeichert. Spannungsenergie wird daher auch Arbeitsvorrat genannt, weil sie sich wieder in Arbeit umsetzen kann.

Wenn ein materielles System an einem andern Arbeit leistet, z. B. verbrennendes Gas einen Motor treibt und durch diesen eine Arbeitsmaschine in Bewegung setzt, so wird Energie von dem einen System auf das andere übertragen. Bei solcher Arbeitsleistung durch Übertragung ist aber zu beachten, daß nur Energie aus einem System mit größerem Energiegehalt auf ein solches mit geringerem Energiegehalt überzugehen vermag; wie für das Fließen von Wasser ist für die Übertragung von Energie ein Gefälle erforderlich. Ist ferner Energie in einem System als Arbeitsvorrat vorhanden, so kann sich daraus nur Arbeit entwickeln, wenn dieser Arbeitsvorrat sich vermindert, es sinkt dann das System mit einem gewissen labilen Gleichgewicht auf ein weniger labiles Gleichgewicht. Ein System im stabilen Gleichgewicht vermag aber erst dann arbeitsfähig zu werden, wenn von außen her Energie in dasselbe übertragen wird. Zwischen der Größe einer Arbeit und der zu ihrer Verrichtung verbrauchten Energie besteht ein genaues Verhältnis. Um eine Last von 100 kg Gewicht 1 m hoch zu heben, bedarf es der Aufwendung einer ganz bestimmten Energie, mag dieselbe geliefert werden durch menschliche Muskeln, durch strömendes Wasser, durch Wind, durch eine Kraftmaschine. Die aufgewandte Energie ist proportional der geleisteten Arbeit, es läßt sich also der Wert jeder mechanischen Arbeit und der zu ihrer Verrichtung erforderlichen Energie zahlenmäßig feststellen, er ist immer der

gleiche. Von besonderer Wichtigkeit wurden in dieser Hinsicht die Versuche zur Bestimmung des Arbeitswerts der Wärme. Es wurde dabei gefunden, daß eine gewisse Wärmemenge gleichwertig ist einem bestimmten Quantum mechanischer Bewegungsenergie und einem entsprechenden Quantum von Spannungsenergie und daß bei Umwandlung einer dieser drei Energieformen in eine andere die numerische Größe der Energie keine Änderung erleidet. Dieses Ergebnis wurde dann bestätigt bei den Umwandlungen anderer Energieformen und es konnte der Schluß gezogen werden, daß bei allem Geschehen in der Natur die Größe der Energie ungeändert bleibt, während ihre Erscheinungsform vielfältig wechselt. Diese Tatsache führte zum Gesetz von der Erhaltung der Energie, welches besagt, daß in jedem geschlossenen materiellen System die Summe der Energie konstant ist. Ebenso wie die Materie kann also auch Energie niemals verschwinden und ebensowenig aus dem Nichts entstehen.

Aus diesem Gesetz ergibt sich, daß wenn ein materielles System seinen gesamten Arbeitsvorrat verausgabt hat, also spannungslos wurde, zum stabilen Gleichgewicht gelangte, es niemals von selbst wieder Spannungsenergie erhalten kann, sondern daß es hierzu stets der Arbeit von außen auf das System einwirkender Energie bedarf. Das Perpetuum mobile ist also eine Unmöglichkeit. Ferner ergibt sich daraus, daß alle lediglich energetischen Vorgänge umkehrbar sind. Da aber alles Naturgeschehen keineswegs umkehrbar ist, so folgt weiter, daß die Energie für sich allein nicht ausreicht, die Vorgänge in der Natur zu erklären, daß wir neben der Energie noch ein anderes Gesetz des Geschehens anerkennen müssen, und dies ist das Gesetz der Richtung<sup>1)</sup>. Die Energie ist eine meßbare Größe, die Richtung ist es nicht und darum auch nicht dem Erhaltungsgesetze unterworfen.

Das Geschehen in der Natur setzt sich nunmehr aus zwei Faktoren zusammen, abgesehen von den rein quantitativen Beziehungen, bei denen die Energie allein in Frage kommt. Sobald es sich aber um qualitative Beziehungen handelt, z. B. um die Gestaltung der Körper, ist die Richtung der Energien wesentlich und maßgebend. Wenn man mit der Büchse nach einem Gegenstand schießt, so ist die Bewegungsenergie der Kugel die gleiche, ob ich den Gegenstand treffe oder nicht, der große Unterschied in

<sup>1)</sup> Vgl. Professor Dr. J. Reinke, Die Welt als Tat. Berlin 1908.  
Janssen, Grundlagen. 8

der Wirkung wird lediglich durch die Richtung bedingt, die der Kugel erteilt wurde. Wenn verschieden gerichtete Energien auf ein materielles System einwirken, so können die Richtungen verwickelt sein, die Resultante im Parallelogramm der Kräfte ist davon der verhältnismäßig einfachste Fall. Kein Körper ändert freiwillig seine Richtung, es muß immer eine neue Energie dazwischentreten, und daraus erkennt man die immer vorhandene Wechselbeziehung zwischen Energie und Richtung. Ein frei fallender Stein fällt senkrecht zur Erde, die Richtung ist allein abhängig von der Energie, der Schwerkraft, sie wird erst verwickelt, wenn eine neue Energie, beispielsweise der Wind auf den Stein einwirkt. Die Richtung kann im innersten Wesen der Energieform selber liegen, wie bei der strahlenden Energie und der Schwerkraft, oder sie kann einer Energie durch die willkürliche Tätigkeit des Menschen oder eines Tieres angewiesen werden, wie bei allen technischen Erzeugnissen der Menschen oder beim Ziehen der Fäden von einer Spinne. Während nun die Richtungen, welche die menschliche Intelligenz der Energie erteilt, höchst verwickelt sein können, so muß z. B. die mechanische Energie vielseitige Richtungen einschlagen, um Steine, Balken, Eisen usw. zu einem Hause zusammenzufügen, finden wir bei den den Energieformen innewohnenden Richtungen, bei den in kausaler Hinsicht energetischen Richtungen, daß diese immer den kürzesten Weg einschlagen. Die Richtung der Lichtstrahlen ist eine geradlinige und ebenso wirkt die Schwerkraft vom Erdmittelpunkt aus geradlinig auf jeden Punkt an der Erdoberfläche.

Die Richtungen können ziellos oder zielstrebig sein. Ziellos ist die Richtung eines im Winde dahinfliegenden Blattes, zielstrebig ist die Richtung des fallenden Steines sowie die Richtung jeder von menschlicher Intelligenz gelenkten Arbeit. Eine zielstrebigere Richtung kann wiederum planlos sein, wie die der Schwere, der Kristallisation, der magnetischen Anziehung, oder planmäßig wie die der bewußten menschlichen Tätigkeit.

Energie und Richtung sind also die beiden Faktoren sowohl des Naturgeschehens wie aller bewußten menschlichen Tätigkeit. Die Physik beschäftigt sich im wesentlichen nur mit dem Studium der Energien, die Technik fügt das Studium der zielstrebigsten, planmäßigen Richtungen hinzu.

### III. Ziele und Zwecke.

Alle Werkzeuge, die der Mensch für bestimmte Verrichtungen hergestellt hat, sind den damit auszuführenden Arbeiten angepaßt und in dieser Anpassung an die Arbeiten verkörpern sich Ziele und Zwecke. Ziele und Zwecke sind zwar verschiedene Begriffe, aber es greifen doch Zielstrebigkeit und Zweckmäßigkeit vielfach ineinander. Man kann sagen, daß Zielstrebigkeit mehr in der Entwicklung hervortritt, daß es sich in dem Ziele um Beziehungen auf etwas Zukünftiges handelt, das erst werden soll, während die Zweckmäßigkeit an dem fertigen Objekt hervortritt. Um einen Hammer aus einem Stück Eisen und einem Stück Holz herzustellen, bedarf es vieler wohlgezielter Schläge mit dem Schmiedehammer und vieler wohlgezielter Schnitte mit dem Schneidmesser, zweckmäßig ist das Ding aber erst, wenn Kopf und Stiel genau zusammengepaßt sind. Die Gabe, Ziele und Zwecke zu verfolgen und die Mittel dazu auszuwählen, besitzen wir in unserer Vernunft.

Die Zweckmäßigkeit geht nun durch die ganze technische Entwicklung hindurch, so daß jede Entwicklungsstufe als ein fertiges Gebilde erscheint und jede neue Entwicklungsstufe uns die Nachwirkung der Zweckmäßigkeit der vorhergegangenen zeigt. Aber jeder Zweckzusammenhang von Vorgängen hat einen kausalen zur Voraussetzung. Wenn wir eine Dampfmaschine bauen wollen, so hat diese einen Zweck und verfolgt ein Ziel, aber sie ist kausal bedingt durch eine Menge von Umständen, durch die Spannungsenergie der Kohle und des Wasserdampfes, durch den Gedankenangang des konstruierenden Ingenieurs, durch dessen Muskelbewegungen bei Anfertigung der Zeichnung, durch die Tätigkeit der ausführenden Arbeiter usw. Jeder zielstrebige, in der Bildung jedes einzelnen Teiles zweckmäßig wirkende Vorgang ist immer bedingt durch eine Reihe mechanischer und chemischer Vorgänge, ohne welche die zweckmäßige Entwicklung niemals zustande kommen würde. Es wäre aber ein Fehler, in diesen mechanischen Vorgängen etwas anderes sehen zu wollen, als Mittel zur Verwirklichung des Zweckes, eine Dampfmaschine zu bauen, die rein kausale Betrachtung reicht für das Studium der Entwicklung einer Maschine nicht aus, über der Fülle der Kausalbeziehungen darf Ziel und Zweckmäßigkeit des ganzen Vorganges nicht verkannt werden.

Wir müssen vielmehr jedes technische Erzeugnis kausal und zwecklich begreifen und wir brauchen nur an das Sicherheitsventil am Dampfkessel zu denken, um die Zweckmäßigkeit neben den Notwendigkeiten zu erkennen. Wir haben es in jeder Maschine mit einer ihr innewohnenden Zweckmäßigkeit zu tun, die sich in ihren Arbeiten äußert, solange sie in Betrieb gesetzt ist und es ihr an Zufuhr von Energie nicht fehlt. Jede Maschine und jeder andere zweckmäßige, durch menschliche Tätigkeit hervorgebrachte Apparat ist ein geschlossenes materielles System, das einen in ihm verkörperten Zweck enthält. Dieser Zweck ist aber vom Verfertiger in den Apparat hineingelegt worden und läßt auf eine Absicht des Verfertigers schließen, die durch sein Werk verwirklicht wurde. Es gibt kein technisches Erzeugnis, mag es noch so einfach oder noch so verwickelt sein, der nicht menschliche Absicht zugrunde liege. Wir können also als Tatsache feststellen, daß wir aus jedem Zwecke, den wir erkennen, eine dem Zwecke zugrunde liegende Absicht folgern müssen. Dem steht auch nicht entgegen, daß in vielen technischen Erzeugnissen sich Unzweckmäßiges gezeigt hat, in manchen Fällen hat es sich durch Zweckmäßiges ersetzen lassen, in anderen Fällen ist dies nicht gelungen. Das Prinzip der Zweckmäßigkeit kann aber dadurch nicht in Frage gestellt werden.

Neben der Kausalität ist also Zielstrebigkeit und Zweckmäßigkeit mit allem technischen Denken untrennbar verbunden, und dies ist zweifellos ein Vorzug vor dem rein begrifflichen Denken, weil es den Vorgängen in der lebenden Natur entspricht, ohne Zweckmäßigkeit und planmäßige Absicht in allem Geschehen der Natur wäre das Weltganze ein Chaos und kein Kosmos. Die Naturkräfte lassen ein gesetzmäßiges Walten erkennen, das keine Ausnahme zuläßt und dessen Gesetzmäßigkeit niemals durchbrochen wird. Und in allen unseren technischen Erzeugnissen, von denen wir als Beispiel am besten die Maschine beibehalten, walten genau die gleichen Naturgesetze wie außerhalb, von einem Durchbrechen derselben kann keine Rede sein. Die Naturkräfte sind in der Maschine nur gebeugt unter den intelligenten Willen ihres Erfinders und ihres Verfertigers, dem gewöhnlichen Naturgeschehen sind durch diese Intelligenz bestimmte Richtungen und Bahnen vorgezeichnet, die in den blinden Energien obwaltenden Notwendigkeiten werden gelenkt durch einen geistigen Zwang, der einem vorgezeichneten Ziele zustrebt und in der Leistung der Maschine einen bestimmten Zweck verwirklicht. Dies sind die wesentlichen Merk-

male der Maschine, durch die sie über das allgemeine Getriebe der Stoffe und Kräfte an der Oberfläche unseres Planeten hinausragen. Jede Kausalerklärung einer Maschine muß daher die in der Maschine verkörperte Intelligenz berücksichtigen, es wäre töricht zu sagen, nur Druck und Stoß des Hammers, das Schneiden der Säge, das Rotieren des Bohrers usw. habe diese oder jene Maschine geschaffen, im planmäßigen Wirken der Maschine gelangen vielmehr Gedanken und Absichten zum Ausdruck, und diese Durchgeistigung der Maschine ist der Grund, daß sie ganz andere Aufgaben erfüllen kann, als das Spiel blinder Naturkräfte es vermöchte, eine Überlegung oder vielmehr eine Tatsache, die auch in sozialer Hinsicht von Bedeutung ist und uns über die Bedeutung des Handwerksmäßigen in der wissenschaftlichen Technik aufklärt.

Jedes technische Erzeugnis verkörpert also einen Zweck, für den eine bestimmte Gestalt erforderlich ist. Diese Gestalt kann niemals von selbst entstehen, sondern sie wird hervorgebracht durch einen vom Verfertiger auf den Rohstoff ausgeübten Zwang. In entsprechender Weise zwingt der menschliche Wille die Energie des fließenden Wassers ein Mühlrad zu drehen und Korn zu zerkleinern, die Energie des Dampfes eine aus Eisen und Stahl gebaute Maschine zu treiben, und die Bauart dieser Maschine ist gleichfalls durch einen Zwang entstanden, der mechanische Energien so richtete, daß sie den Metallstücken die erforderliche Gestalt gaben. Überall, wo es sich um technische Leistungen irgend welcher Art handelt, finden wir einen solchen Zwang, in jedem Werkzeug, in jeder Maschine, in jedem physikalischen Apparate hat er sich betätigt. Dieser Zwang besteht in dem Einflusse einer planmäßigen Absicht, einer Bewegung der Energien unter dem bewußten menschlichen Willen. Unter der unwandelbaren Herrschaft der Naturgesetze werden die Naturkräfte oder Energien gebeugt und gerichtet, bis sie der Absicht des Technikers vollkommen Genüge leisten und dadurch werden sie gezwungen, diejenigen Arbeiten zu verrichten, die vom Erfinder der Maschine in Aussicht genommen war. Die Technik bedient sich der Naturkräfte, die in der unorganischen Welt herrschen, der Energien und der Eigenschaften der Stoffe, sie weist den Energien ihre Richtung an und erteilt den Stoffen eine zweckmäßige Form, wobei sie allerdings an die unveränderlichen Naturgesetze gebunden und durch sie eingeschränkt ist. Was von der Herstellung der Werkzeuge und Maschinen gesagt wurde, gilt in gleicher Weise von der Zu-

sammensetzung organisch-chemischer Verbindungen aus ihren Elementen. So wenig aus Eisen von selbst eine Zange wird, so wenig ergibt sich aus dem Zusammenbringen von Kohle und Wasser ein Kohlenhydrat, z. B. Zucker. Es bedarf dazu verwickelter Maßnahmen, die alle in einer erzwungenen Richtung der chemischen Energien bestehen. Nur auf solchen verschlungenen Wegen können jene Energien veranlaßt werden, ein Kohlenhydrat zu bilden.

Wir haben also in allen Fällen zu unterscheiden zwischen den Energien und der durch die menschliche Absicht erzwungenen Richtung der Energien. Dieser Zwang ist ein dynamisches Prinzip, doch keine Energie. Die bewußte Geistestätigkeit oder die richtenden Triebkräfte des Menschen geben jeder Maschine eine bestimmte Gestaltung und eine bestimmte Bewegung, die ganz bestimmten Verrichtungen dient, das materielle System wird dadurch gewissermaßen durchgeistigt und dieser Geist bestimmt die von den Energien zu leistende Arbeit, er ist die lenkende Kraft der Maschine. Jede Zerlegung der Vorgänge, die zur Herstellung von Maschinen führten, wie auch der Arbeit dieser Maschinen selbst nötigt zur Unterscheidung von Energien und diesen beiden Kräftearten. Man sieht diese Kräfte nicht, sondern man erschließt sie aus ihren Wirkungen, und darin stimmen sie allerdings mit den Energien überein, die wir auch nur aus ihren Wirkungen erkennen können. Die lenkende Kraft einer Maschine, z. B. einer solchen, die Stahlfedern anfertigt, ist in ihr verkörpert, sie wurde von der Intelligenz des Technikers in die Maschine hineingelegt und sie bestimmt die Arbeitsleistung der Maschinenteile, selbstverständlich im Rahmen der Kausalität. So ist auch jedes Werkzeug, sei es Bohrer, Meißel, Säge, Schaufel, vom Erfinder durchgeistigt, wodurch es zu seinen Verrichtungen geeignet und geschickt ist, es ist in ihm ein Funke des Erfindergeistes verkörpert.

#### IV. Das Prinzip der Wirtschaftlichkeit.

Die Aufgabe der Technik ist die Auffindung allgemeiner Methoden, um bestimmte Zwecke zu erreichen, und sodann die Anwendung dieser allgemeinen Methoden auf die besonderen Fälle der Praxis, wenn auch diese niemals restlos in die allgemeinen Methoden aufgehen, sondern jeder Fall die Beobachtung seiner Eigentümlichkeiten und diesen entsprechende besondere Maßnahmen zur Überwindung der größeren oder geringeren praktischen Schwierigkeiten

erfordert. Die Mittel, deren sich die wissenschaftliche Technik bedient, sind die Stoffe und Kräfte der Natur, die Materie und die Energien, denen durch die Intelligenz die Gestalt und Richtung aufgezwungen wird. Ebenso wie nun die Energien immer den kürzesten Weg einschlagen, ist es auch Aufgabe der Technik, die Mittel so zu verwenden, daß der Zweck auf dem kürzesten Wege erreicht wird. Diese Aufgabe hat einen doppelten Inhalt, entweder soll ein vorgesetzter Zweck durch die geeigneten Mittel erreicht werden, oder es sollen die gegebenen Mittel zu den ihnen angemessenen Zwecken verwandt werden. Dabei kann jeder erreichte Zweck wieder das Mittel bilden zur Erreichung eines neuen Zweckes, der Unterschied von Zweck und Mittel ist also nur ein relativer. Der Endzweck aller technischen Aufgaben ist aber immer die Befriedigung eines menschlichen Bedürfnisses und somit haben alle technischen Aufgaben eine wirtschaftliche Beimischung, denn die Befriedigung der menschlichen Bedürfnisse ist das Ziel der Wirtschaft. Wir haben also zunächst zu unterscheiden zwischen den technisch-wissenschaftlichen oder theoretischen und den technisch-wirtschaftlichen Aufgaben.

Während nun die Mannigfaltigkeit der Zwecke im Prinzip unbeschränkt ist, sind die für die technisch-wirtschaftlichen Aufgaben in Betracht kommenden Mittel nur in beschränkter Zahl oder Menge vorhanden. Da weiter jede Verfügung über Mittel zu einem bestimmten Zweck die gleichzeitige Erreichung anderer Zwecke unmöglich macht oder ausschließt, so ergibt sich die besondere Aufgabe, über alle verfügbaren Mittel so zu verfügen, daß dadurch der Endzweck aller technischen Aufgaben, die Befriedigung der Bedürfnisse möglichst vollkommen oder in möglichst großem Umfange erreicht wird. Die technisch-wirtschaftlichen Aufgaben sind danach sogen. Maximumaufgaben. Und der Grundsatz, mit den vorhandenen Mitteln ein Maximum hinsichtlich des Zweckes zu erreichen, heißt das Prinzip der Wirtschaftlichkeit. Dieses Prinzip verlangt also, daß die gegebenen Zwecke mit möglichst wenig Mitteln erreicht werden sollen. Diese Aufgabe ist nur unter zwei Bedingungen eine eindeutig bestimmte, nämlich wenn entweder nur ein Mittel in Betracht kommt, oder wenn die verschiedenen Mittel miteinander verwandt sind, sodaß es möglich ist, sie auf ein gemeinsames Maß zu bringen. In beiden Fällen handelt es sich darum, ein möglichst geringes Quantum an Mitteln zu gebrauchen.

Bevor jedoch eine technische Aufgabe dem Prinzip der Wirtschaftlichkeit unterworfen werden kann, muß sie technisch-wissenschaftlich erst gelöst sein. So mußte die Dampfmaschine erfunden, das Problem der Erzeugung gespannten Dampfes und die Verwendung seiner Spannung zur Leistung von mechanischer Arbeit gelöst sein, bevor man auch die Erfüllung der wirtschaftlichen Bedingung, der Erzeugung von möglichst viel Dampf oder von Dampf mit möglichst hoher Spannung mit möglichst wenig Heizmaterial verlangen konnte. Und in ähnlicher Weise muß auf allen anderen Gebieten die bedingungslose Lösung der technisch-wissenschaftlichen Aufgabe immer der Lösung der Aufgabe unter der Bedingung des Prinzips der Wirtschaftlichkeit oder der technisch-wirtschaftlichen Aufgabe vorangehen. In jeder über die Anfangsstufe hinaus entwickelten Technik spielen aber die technisch-wirtschaftlichen Probleme eine überwiegende Rolle, die meisten Verbesserungen an gemachten Erfindungen sind technisch-wirtschaftlicher Art.

Bei allen technischen Aufgaben haben wir somit zwischen der wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Lösung zu unterscheiden, die Technik, die nur überhaupt Methoden sucht, bestimmte Zwecke zu erreichen, ist zu unterscheiden von der, welche Methoden unter Erfüllung des Prinzips der Wirtschaftlichkeit zum Gegenstande hat. Aber diese Unterscheidung ist vielfach verwischt, es gibt kaum ein Gebiet der Technik, das nicht eine wirtschaftliche Beimischung hat, das frei von ihr ist. In der Mechanik hat die Festigkeitslehre am meisten wirtschaftlichen Charakter. Die Wärmetechnik, sowohl die Feuerungstechnik als die Technik der Wärmemotoren, ist voll wirtschaftlicher Gesichtspunkte. Architektur und Ingenieurtechnik sind größtenteils technisch-wirtschaftliche Wissenschaften. Die allen technischen Zweigen gemeinsamen Prinzipien und Methoden der Wirtschaftlichkeit bilden den Inhalt der technischen Wirtschaftlichkeitslehre oder der technischen Ökonomik, wie sie von den Volkswirtschaftlern in Anlehnung an die Nationalökonomie so unschön und undeutsch genannt wird<sup>1)</sup>.

Die Mittel der Technik, Stoffe und Energien, sind entweder passiv oder aktiv. Die passiven Mittel sind immer anorganischer Natur und setzen dem Zwange, der einem vorgezeichneten Ziele zustrebt, einen größeren oder geringeren Widerstand entgegen, wie

---

<sup>1)</sup> Vgl. *Wirtschaft und Recht der Gegenwart*. Bd. II. Professor Dr. A. Voigt, *Technische Ökonomik*.

Stein, Holz, Eisen usw. Sie werden bei ihrer technischen Verwendung entweder verbraucht oder gebraucht. Sie werden verbraucht und können nur einmal demselben Zwecke dienen, wenn sie als Rohstoffe in das mit ihrer Hilfe hergestellte Produkt übergehen, sie werden nur gebraucht und können mehrmals zu gleichem Zwecke verwendet werden, wie der Boden als Baugrund oder das Wasser für die Schifffahrt. Die aktiven Mittel sind die Stoffe und materiellen Systeme als Träger von Energien und die Energie selbst, sie haben die Fähigkeit, Arbeit zu leisten. Sie werden ebenfalls verbraucht, wenn ihre Energieform in eine andere verwandelt wird, wie bei der zur Kesselfeuerung dienenden Kohle, oder gebraucht, wenn die Verausgabung des vorhandenen Energievorrates durch Hemmung unterbrochen und durch Auslösung veranlaßt werden kann, solange sie sich im Zustande labilen Gleichgewichtes befinden, oder wenn die entnommene Energie wieder ersetzt werden kann, wie bei den Maschinen. Der Ersatz der verbrauchten Energie geschieht bei Menschen und Tieren durch die Nahrung, bei den unorganischen Maschinen durch Erzeugung neuer Energie mittels Umwandlung. Einige natürliche Energiequellen, wie die Wasserläufe, ersetzen die verausgabte Energie kontinuierlich von selbst wieder und sind daher im Prinzip unerschöpflich.

Bei dem Verbrauch der Mittel wird ihre ursprüngliche wirtschaftliche Natur, wirtschaftlich insofern, als sie zur Lösung technischer Aufgaben geeignet sind, vernichtet, sie hören wirtschaftlich auf das zu sein, was sie vor der Verwendung waren, wenn sie auch in physikalischem Sinne bestehen bleiben. Darum gilt in der technischen Wirtschaftlichkeitslehre das Gesetz von der Erhaltung der Energie ebensowenig wie das der Erhaltung der Materie.

Die Mittel, welche geeignet sind, einem menschlichen Bedürfnis zu dienen, werden in der Wirtschaftslehre Güter genannt, es sind daher auch die Mittel, welcher sich die Technik zur Lösung ihrer wirtschaftlichen Aufgaben bedient, Güter im wirtschaftlichen Sinne. Die Wirtschaftlichkeitslehre unterscheidet daher auch aktive und passive Güter, Verbrauchs- und Gebrauchsgüter. Und die technischen Prozesse betreffen entweder eine Änderung dieser Güter selbst, d. h. ihrer Eigenschaften, oder eine Ortsveränderung, d. h. eine Änderung ihrer Lage im Raume. Die Änderung der Eigenschaft der passiven Güter ist der wesentliche Inhalt der Produktion. Ihr erster Akt ist die Urproduktion, d. i. die Gewinnung der Stoffe aus der Natur, und zwar sowohl der organischen

Stoffe der Natur, wie in der Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Fischerei, als der unorganischen Stoffe der Natur, wie beim Bergbau, bei der Gewinnung von Wasser, Ölen, Gasen aus der Erde und der Luft. Der zweite Akt der Produktion ist dann die weitere Verarbeitung der Naturstoffe, die in der Trennung oder Vereinigung und in der Formveränderung der Stoffe besteht, er ist Gegenstand der Industrie, welche entweder eine chemische oder mechanische ist.

Bei den aktiven Gütern bestehen die technischen Prozesse in der Gewinnung von Energien oder Arbeitskräften aus der Natur und den Stoffen und in der Umwandlung der Energien. Die Energien werden gewonnen aus der organischen Natur, wie bei den Tieren, die eine mechanische Arbeit verrichten, und aus der unorganischen Natur, wie die Wasserkraft, die Windkraft, die Dampfkraft, die elektrische Kraft usw.

Die Ortsveränderung der Güter, d. i. die Güterverteilung, geschieht bei den passiven Gütern durch den Transport in Gefäßen oder Leitungen, bei den aktiven Gütern, den Energien, wenn wir von den Tieren absehen, durch Transmission als mechanische Transmission oder Leitung wie bei der Elektrizität.

Bei den technischen Prozessen werden sowohl passive wie aktive Güter verbraucht und verlieren ihre bisherige wirtschaftliche Existenzform, aber auch die Güter, die nur gebraucht werden, werden mit der Zeit abgenutzt und daher mit der Zeit ebenfalls verbraucht, oder sie werden auch durch neuere bessere Gebrauchsgüter unwirtschaftlich und daher unbrauchbar. Denn abgesehen von neuen Erfindungen macht sich auch das Prinzip der Erhaltung des Nützlichen, dessen Anwendung bekanntlich von Darwin in der Selektionslehre durchgeführt ist, bei allen möglichen Werken des Menschen geltend, insbesondere bei den Maschinen, die alten weniger zweckmäßigen Modelle werden durch den Kampf ums Dasein, den sie mit neueren, den Bedürfnissen besser angepaßten Konstruktionen zu bestehen haben, ausgemerzt. Alle technischen Mittel und Methoden streben in ihrer Entwicklung einer Gleichgewichtslage zu, nämlich der vollkommensten Anpassung, die möglich ist, an das Bedürfnis, dem sie genügen sollen. Und dieser Entwicklungsgang ist unzweifelhaft nicht das Werk einer planmäßig wirkenden, bewußten Absicht, wenn auch die technische Intelligenz dabei mitwirkt, sondern es ist ein Vorgang der Auslese, durch den das weniger Zweckmäßige von selbst unterdrückt

wird. Alle möglichen Einrichtungen der menschlichen Gesellschaft unterliegen einer solchen Auslese, wenn auch nicht immer in so augenfälliger Weise wie in der Technik.

Es sind also auch alle Gebrauchsgüter dem mehr oder weniger schnellen Verbrauch unterworfen bis auf die wenigen ewigen, wie der Grund und Boden, das Meer und die Wasserläufe. Wir nennen die Anzahl der möglichen Benutzungen die Dauerhaftigkeit des Gutes, und wenn ein Gebrauchsgut nicht in einzelnen Akten, sondern kontinuierlich genutzt wird, wie z. B. ein Gebäude, so sprechen wir von einer Nutzungsdauer. Aber nicht allein durch den Gebrauch, sondern auch durch äußere Einflüsse werden Gebrauchsgüter abgenutzt und zerstört, wie z. B. Metallgegenstände durch Oxydation, Holz durch die Feuchtigkeit der Luft usw. und diese Abnutzung ist immer eine kontinuierliche, wenn auch eine schwankende. Die Nutzungsdauer kann durch Schutzmaßnahmen und Ausbesserungen verlängert werden, indem man unter Ausbesserungen jede Wiederherstellung eines Gebrauchsgutes in seinen früheren Zustand versteht, also z. B. auch die Wiederherstellung des ausgenutzten Ackerbodens durch Düngung.

Jedes wirtschaftliche Gut ist ein Glied in einer Reihe von Mitteln und Zwecken, es tritt daher nicht allein zu den Mitteln, mit deren Hilfe es hergestellt wurde, in Beziehung, sondern auch zu den Zwecken, denen es selbst als Mittel dient. Nach dem Prinzip der Wirtschaftlichkeit soll das Gut als Zweck der Produktion mit möglichst geringem Aufwand hergestellt werden, als Mittel soll es seinen Zweck möglichst vollkommen erfüllen. Wir haben also jedes Gut einmal als Produkt und sodann als Produktionsmittel zu betrachten. Jedes Gut hat spezifische, ihm eigentümliche Fähigkeiten, es kann nicht jedem beliebigen, sondern nur einem oder wenigstens nur wenigen besonderen Zwecken dienen. Andererseits können oft verschiedene Güter demselben Zwecke dienen, sich also bei der Verwendung gegenseitig vertreten oder ersetzen. Wir nennen solche durch einander ersetzbaren Güter Ersatzgüter. Sie erfüllen indes den Zweck in verschiedenem Maße und daraus entsteht die Aufgabe, sie in bezug auf ihre Zweck-erfüllung miteinander zu vergleichen und womöglich einen Maßstab dafür zu finden, Das Maß der spezifischen Fähigkeit der Ersatzgüter nennen wir deren Qualität oder deren technischen Wert. Der technische Wert eines Gutes ist also von dem wirtschaftlichen Wert wesentlich unterschieden. Der wirtschaftliche

Wert eines Gutes ist derjenige, den ein Gut infolge seiner Eigenschaft zur Befriedigung eines Bedürfnisses und infolge seiner relativen Knappheit hat, er ist ein allgemeiner oder abstrakter Begriff. Der technische Wert dagegen ist ein konkreter Wert für einen spezifischen Zweck. Eine Ausnahme hiervon macht nur das Geld, hier fallen beide zusammen, da der spezifische Wert des Geldes eben sein wirtschaftlicher Wert ist.

Der technische Wert eines Gutes setzt voraus, daß man sowohl für die zu vergleichenden Güter als auch für den Zweck, in bezug auf den sie verglichen werden sollen, einen Maßstab hat. Dieser Maßstab ist bei allen Verbrauchsgütern, welche aus verschiedenen nicht gleich wirksamen Bestandteilen zusammengesetzt sind, der Gehalt an wirksamer Substanz. Bei Nahrungsmitteln ist es der Nährwert, bei Düngemitteln der Düngewert, bei Erzen der Metallgehalt oder Metallwert, bei Brennmaterialien der Heizwert ausgedrückt in Wärmeeinheiten, Kalorien usw. Bei allen Verbrauchs- und Gebrauchsgütern mißt man also den technischen Wert durch die relative Menge der wirksamen Substanz, welche sich in der Mengeneinheit des betreffenden Stoffes findet. Bei Kunstwerken und Luxusgegenständen läßt sich allerdings die Qualität nicht messen, sondern nur vergleichen, der Wert ist hier keine extensive, sondern eine intensive Größe. Bei den Gebrauchsgütern findet man den technischen Wert insbesondere in der Dauerhaftigkeit und bei allen aktiven Gütern in der Leistungsfähigkeit, die gemessen wird durch die Arbeit, welche sie in der Zeiteinheit zu leisten vermag.

Bei jedem technischen Prozesse kommen Stoffe und Energien zur Verwendung, Stoffersparnis, Stoffausnutzung und Energieersparnis sind also die Gebote der Wirtschaftlichkeit zur Sicherung des technischen und wirtschaftlichen Erfolges. Bei den passiven Gütern sind die Methoden der Stoffersparnis sehr verschiedenartig und von der technischen Eigenart des betreffenden Zweiges der Güterherstellung abhängig. Es kann u. a. an Stoff gespart werden durch die Ermittlung der vorteilhaftesten Abmessungen durch Festigkeitsberechnungen, durch Verwendung der am wenigsten abnutzbaren Stoffe oder durch möglichste Verhütung der Abnutzung, durch Ersatzstoffe usw. Bei der Stoffausnutzung kommt die Aufbereitung, die Formung, die Verminderung und Verwertung der Abfallstoffe usw. in Betracht.

Die passiven Güter bleiben unverändert, wenn nicht aktive

Güter auf sie einwirken, sie verändern sich nicht nur nicht von selbst, sondern leisten jeder Veränderung Widerstand, welcher durch die Energie der aktiven Güter überwunden werden muß. Die Widerstände können wieder passiv oder aktiv sein. Sowohl feste wie flüssige und luftförmige Körper leisten der Bewegung passiven Widerstand, der überwunden werden muß, indem entweder die ganzen widerstrebenden Körper in Bewegung gesetzt oder indem Teile der widerstrebenden Körper abgerissen und in Bewegung gesetzt oder andere physikalische Veränderungen der widerstrebenden Körper bewirkt werden. Die aktiven Widerstände sind selbst Energien, wie die Schwerkraft und andere von bestimmten Zentren ausgehende Anziehungskräfte, die Volumenenergie, deren Intensität der Druck ist, und die durch Druck gegen elastische Körper hervorgerufenen Kräfte der Elastizität, die Expansionskraft eingeschlossener Dämpfe und Gase.

Als unmittelbar von der Natur dargebotene Energiequellen zur Überwindung der Widerstände kommen hauptsächlich in Betracht die physiologische Energie oder Arbeitskraft der Menschen und der nutzbaren Tiere, die Bewegungsenergie des fließenden Wassers und des Windes, die Volumen- und Spannungsenergie der über dem Meeresniveau auf der Erdoberfläche angesammelten Wassermassen sowie die des Luftmeeres und die chemische Energie der fossilen und der sich neubildenden Brennstoffe. Andere natürliche Energiequellen, wie Sonnenwärme, Luftelektrizität, Energie der Flutwellen u. a. sind bisher wenig technisch ausgebeutet. Alle übrigen Energieformen, insbesondere die Elektrizität, werden aus den natürlichen Energien durch Umformung gewonnen.

Unter allen Energien nimmt die Arbeitskraft des Menschen selbst eine besondere Stellung ein, weil sie die einzige ist, über die er unmittelbar durch seinen Willen verfügt, alle anderen müssen wir erst in unsere Verfügung bringen, erwerben. Die eigene Arbeitskraft nennen wir daher auch die innere Energie im Gegensatz zu den äußeren Energien, über die wir nur mittelbar verfügen können. Die Ausübung der menschlichen Arbeitskraft ist dauernd von geistigen Akten begleitet, selbst die des niedrigsten, rein mechanischen Handarbeiters, während in den Maschinen nur menschliche Arbeitskraft, Intelligenz und Muskelkraft, verkörpert, ein für allemal niedergelegt ist. Der menschliche Körper hat Bewegungsfreiheit, die unorganische Maschine ist ein zwangsläufiger Mechanismus. Berücksichtigen wir nur die Muskelkraft des Men-

sehen, betrachten wir den Menschen nur als Kraftmaschine, so ist er eine Maschine mit dem schlechtesten Wirkungsgrade, denn dieser beträgt nur etwa 6<sup>0</sup>/<sub>10</sub>, wenn man die Nahrung als Speisung der physiologischen Maschine betrachtet. Bei der Fülle der zur Verfügung stehenden unorganischen Energien wäre es also höchst unwirtschaftlich, wenn man nur die Muskelkraft des Menschen ausnützen, ihn nicht vielmehr für menschliche, d. h. für körperliche mit geistiger Tätigkeit verbundene Arbeit ausnützen wollte. Ebenso verlangt das Prinzip der Wirtschaftlichkeit, daß man die tierische Arbeitskraft nur für tierische, d. h. eine gewisse Lenkbarkeit durch den Willen voraussetzende Arbeit verwendet und alle übrigen mechanischen Leistungen der unorganischen Maschine überläßt.

So ist es denn auch tatsächlich geschehen. Immer mehr nehmen die unorganischen Maschinen den Menschen und selbst den Tieren die mechanische Arbeit ab und die Folge davon ist, daß die menschliche Arbeitskraft als Muskelkraft in der Menge der in der Volkswirtschaft verbrauchten Energie immer mehr zurücktritt. Ihre Bedeutung für die Leistung mechanischer Arbeit nimmt relativ ab, dafür wächst die Bedeutung der geistigen Energie oder Intelligenz für die Richtung gebende Arbeit und der geistig geleiteten Energie für die qualifizierte ausführende Arbeit. Es bleibt immer Arbeit übrig, die niemand anders als der Mensch auszuführen imstande ist, ein Rest von menschlicher Arbeitskraft wird niemals durch unorganische Maschinen ersetzt werden können.

Von den äußeren Energien sind es die chemischen und physikalischen Energien, welche technisch zur Verwendung kommen. Die chemische Energie ist eine wesentliche Eigenschaft bestimmter Stoffe, die Stoffe sind Träger dieser Energien und man kann sie ihnen nicht entziehen, ohne die Stoffe chemisch zu verändern. Die physikalischen Energien dagegen haften zwar an materiellen Körpern und Systemen, aber nur als vorübergehende Zustände, und sie lassen sich den Körpern oder Systemen entziehen, ohne diese selbst wesentlich zu verändern. Die Träger physikalischer Energien sind daher nur so lange als aktive Güter zu betrachten, als sie entweder in Bewegung begriffen sind, wie die Maschinen und daher Bewegungsenergie enthalten, oder mit Spannungsenergie gefüllt sind, wie eine Uhrfeder. Die Spannungsenergie wird durch Auslösung, d. h. durch Beseitigung der Hindernisse der Bewegung in Bewegungsenergie verwandelt. Obwohl physikalisch betrachtet, Energie nicht verloren gehen kann, sprechen wir technisch doch

von einem Verbrauch der Energie und von Energieverlusten. Verbraucht wird die technisch verfügbare Energie, wenn wir damit einen beabsichtigten technischen Zweck zu erreichen suchen. Der Verbrauch findet statt bei der Umwandlung von Spannungsenergie in Bewegungsenergie beim Schießpulver, beim Heben von Lasten, bei der Arbeit gegen passive Widerstände, bei der Umwandlung chemischer Energie in thermische und strahlende Energie usw. Keiner dieser Zwecke wird aber erreicht unter alleiniger Aufwendung der verfügbaren Energie für den Zweck, sondern immer entsteht auch Energie in nicht beabsichtigter Form, und diese entgeht oft ganz der wirtschaftlichen Verfügung oder ist wenigstens nicht voll ausnutzbar und darum für die Technik verloren.

Die technischen Operationen mit den Energien der aktiven Güter bestehen in der Gewinnung, Umformung, Übertragung, Ansammlung und Auslösung. Die ursprünglichste Methode der Gewinnung von Energie ist die Aneignung der in der Natur vorhandenen freien Energien und von diesen hat der Mensch zuerst die Energie der organischen Wesen sich nutzbar gemacht, indem er die Tiere zähmte und zum Ziehen von Lasten, zum Pflügen des Bodens, zum Bewegen von einfachen Maschinen zwang oder indem er andere Menschen als Sklaven zur Arbeit zwang. Von den Energien in der unorganischen Natur wurde zunächst die mechanische Energie des fließenden Wassers und des Windes nutzbar gemacht, und zwar einmal zur Fortbewegung von Lasten auf fließendem Wasser oder durch Auffangen des Windes in Segel und sodann zur Leistung an Ort und Stelle, indem man die Energie mit den Schaufeln oder Flügeln von Wasserrädern und Windrädern auffing und damit zugleich die fortschreitende Bewegung des Wassers und der Luft in eine rotierende der Räder verwandelte. Die Wärme der Sonne wurde benutzt zum Trocknen und dergl. Der größte Teil der in der Technik nutzbaren Energie wird gewonnen in der Form chemischer Spannungsenergie, indem man Mineralien gewinnt oder künstlich herstellt, welche solche Energien enthalten. So gewinnt man die Wärme bei Vornahme eines chemischen Prozesses aus den geeigneten Stoffen, den Brennstoffen, Heiz- oder Feuerungsmitteln. Außer Wärme entsteht bei den meisten chemischen Prozessen auch Elektrizität, die man bei polarer Anordnung der Stoffe auch gewinnen kann. Dies ist aber bisher nur bei den galvanischen Elementen gelungen, die in der Schwachstromtechnik verwandt werden. Außer der chemischen

Spannungsenergie ist neuerdings in der radioaktiven Energie auch chemische Bewegungsenergie bekannt geworden.

Das Ziel der Umformung ist die Leistung mechanischer Arbeit, die chemische Energie wird in Wärme und Elektrizität verwandelt, damit diese in mechanische Energie umgewandelt werden und mechanische Arbeit verrichten können. Bei allen Umwandlungen einer Energieform in eine andere wird technisch betrachtet niemals der theoretisch mögliche Betrag an nutzbarer Energie erhalten, sondern immer nur ein Bruchteil. Bei der Verwendung von Energie bestehen also dieselben Beziehungen und dieselben Ausnutzungsprobleme wie bei der Stoffverwendung. Das Verhältnis der dem technischen Zwecke entsprechenden nutzbaren Energie oder Nutzenergie oder die Nutzleistung bei der mechanischen Arbeit zur gesamten vor der technischen Operation vorhandenen Energie oder der übertragenen Arbeitsmenge heißt wie bei der Stoffverwendung der Nutzungsgrad oder, wie er bei den aktiven Gütern meistens genannt wird, der Wirkungsgrad des Prozesses. Und das Gebot der Wirtschaftlichkeit verlangt wieder die höchstmögliche Vergrößerung dieses Wirkungsgrades. Die Mittel hierzu sind die Kontinuität der einzelnen Arbeitsprozesse und des ganzen Betriebes.

Die Übertragung von Energie erfolgt, wenn sie an Stoffen gebunden ist, durch die Beförderung der Stoffe selbst. Die mechanische Energie wird auf mechanischem Wege mittels Ketten, Seilen, Riemen, in Dampf-, Druckwasser- und Druckluftleitungen übertragen. Die Elektrizität wird durch Leitung fortgeleitet, und da sie ohne große Verluste auf größte Entfernungen überleitbar ist, so werden vielfach andere Energieformen zum Zwecke der Übertragung erst in Elektrizität verwandelt und dann in die gewünschte Form zurückverwandelt, wie bei Wasserkraften.

Die Ansammlung von Energie erfolgt zu dem Zwecke, gewisse Energieformen zur Verfügung zu halten, um sie zur geeigneten Zeit wieder abzugeben oder um den Energieverbrauch auszugleichen. So ist das Schwungrad an einer Maschine ein Sammler kinetischer Energie, um den Lauf der Maschine zu regeln, wenn ihr die Energie ungleichmäßig zufließt, sodaß sie ohne Schwungrad ungleichmäßig laufen würde. Sammler potentieller Energie sind u. a. die gespannten Federn von Uhrwerken, der Windkessel an Druckpumpen, die Stauanlagen für Wasser und die elektrischen Akkumulatoren. Eine Akkumulatorenbatterie ermöglicht die ste-

tige Erzeugung von Elektrizität ohne Rücksicht auf den augenblicklichen Verbrauch und eine Stauanlage sammelt das Wasser und damit potentielle Energie für Zeiten, wo sonst das zufließende Wasser den Kraftbetrieb nicht decken würde.

Solange ein Energievorrat in einem Stoffe oder einem materiellen Systeme vorhanden ist, kann die Verausgabung durch Auslösung veranlaßt, durch Hemmung unterbrochen werden. Die chemische Energie eines Brennstoffes wird durch Entzündung, die elektrische Spannung einer Batterie durch Schließen des Stromkreises, die potentielle Energie einer aufgestauten Wassermasse durch Öffnen des Verschlusses ausgelöst usw., ebenso kann durch die umgekehrten Verfahren der Energieverbrauch wieder gehemmt werden. Zur Auslösung und Hemmung auch der größten Energiemengen reichen meistens geringfügige Kräfte aus.

Wir nennen einen Körper frei beweglich, wenn er jeden beliebigen Weg im Raume einschlagen kann, wie z. B. das Luftschiff. Der Weg, den ein solcher Körper tatsächlich im Raume einschlägt, hängt einerseits von den Kräften ab, die auf ihn wirken, andererseits von den Widerständen, die er zu überwinden hat, und zwar sowohl von deren Größe wie von deren Richtung. Die Widerstände sind nicht in unserer Verfügung, wohl dagegen die Kräfte, und von der Größe der verfügbaren Kräfte hängt im wesentlichen die Möglichkeit ab, dem Körper den Weg vorzuschreiben, wenngleich auch noch andere technische Bedingungen dabei erfüllt sein müssen. Handelt es sich nicht um die Bewegung eines Körpers im Luftraume, sondern auf der Oberfläche der Erde, so genügt die Bewegungsfreiheit, ihr auf dieser Fläche jeden beliebigen Weg vorschreiben zu können. Um dieses technische Problem handelt es sich z. B. bei der Bewegung eines Schiffes im freien Meere. Bei der Bewegung auf dem Lande wird teils aus natürlichen, teils aus wirtschaftlichen Gründen die Bewegung der Körper außerordentlich beschränkt, indem ihnen hier ein für allemal mehr oder minder eng umschriebene bestimmte Wege zugewiesen werden, auf welchen allein die Bewegung stattfinden darf. Diese Beschränkung geht dann aus bestimmten technischen Gründen, namentlich im Interesse der Energieersparnis oder der Erhöhung der Geschwindigkeit der Bewegung soweit, daß vollkommen bestimmte Wege mittels Schiene, Rinnen oder Röhren den bewegten Körpern oder Stoffen vorgeschrieben werden. Die Bewegung ist damit zwangsläufig gemacht. Bei freier Beweglichkeit muß die Richtung, in der die

Kräfte und Widerstände auf den Körper wirken, fortwährend geregelt, der Körper muß gesteuert werden. Dies fällt bei der Zwangsläufigkeit fort, der zwangsläufige Körper bedarf keiner Steuerung.

Handelt es sich nicht um eine Ortsveränderung, sondern um eine Bewegung in beschränktem Raume, so kann man auch hier in ähnlicher Weise einen Körper zwangsläufig machen, es handelt sich dann aber nicht um eine zwangsläufige Bewegung in Beziehung zum Raume, sondern um eine solche in Beziehung zu einem anderen Körper. Es kommt also bei den räumlich gebundenen Bewegungen nicht auf die Bewegung des Körpers im ganzen, sondern auf die Abhängigkeit der Bewegung der einzelnen Punkte des Körpers oder materiellen Systems voneinander an. Ist die Verbindung derart, daß jedem Wege, den der unabhängig bewegliche Punkt zurücklegt, nur ein Weg jedes der abhängig beweglichen Punkte entspricht, so nennen wir die verbundenen Körper einen Mechanismus. Man kann mit seiner Hilfe die Bewegung eines seiner Punkte durch eine ganz bestimmte Bewegung eines anderen erzwingen, und diese erzwungene Bewegung kann wieder zwangsweise auf einen zweiten Körper übertragen werden usw.

Die Mechanismen werden verwandt als Uhrwerk und als Maschine. Der Unterschied zwischen Uhrwerk und Maschine liegt darin, daß beim Uhrwerk die Bewegung des Zeigers Zweck ist, daß die dem Angriffspunkt, dem Pendel oder der Feder mitgeteilte Energie nur den Zweck hat, durch die erzwungene Bewegung der Mittelglieder dem Endglied, dem Zeiger eine bestimmte Bewegung als Endzweck zu erteilen. Bei der Maschine dagegen wird die dem Angriffspunkt mitgeteilte Energie durch die erzwungene Bewegung der Mittelglieder auf das Endglied übertragen, um hier wieder gegen gewisse Widerstände Arbeit zu leisten. Über die Bezeichnung eines Mechanismus als Maschine entscheidet also dessen allgemeiner Zweck, nicht dessen zufällige Funktion, eine Maschine bleibt auch beim Leerlauf Maschine. Bei der Maschine wird durch den Mechanismus eine wirkende Kraft an einen anderen Punkt verlegt, das ist ihre typische Funktion. Reuleaux hatte die Maschine noch lediglich als Mechanismus definiert, für ihn war die erzwungene Bewegung das entscheidende Merkmal. Dies ist aber falsch, denn der Zwang der Bewegung ist nur ein Mittel zum Zweck und der Zweck der Maschine ist die Kraftüber-

tragung. Durch seine kinematische Definition hat Reuleaux lange Zeit im Maschinenbau große Verwirrung angerichtet. Die Maschine dient also zur Kraftübertragung, der Mechanismus zur Übertragung einer Bewegung, und die beiden Arten von Maschinen, Kraft- und Arbeitsmaschinen, unterscheiden sich lediglich nach ihrem Zwecke.

Die Arbeit der Maschinen beruht auf Energiewechsel, sie nehmen Energie von außen her ein und verausgaben sie wieder, nachdem diese mancherlei Wandlungen erfahren haben kann. Das Ideal würde sein, daß hierbei nur die Qualität der Energie sich ändert, während die Quantität die gleiche bleibt. In Wirklichkeit arbeitet aber jede Maschine mit Energieverlust, die durch Reibung, Wärmeverlust usw. bedingt wird. Mit welcher Energie eine Maschine gespeist wird, steht in zweiter Linie, es kann einer Maschine mechanische, thermische, elektrische, chemische Energie oder tierische Muskelkraft zugeführt werden, alle diese Energieformen sind als Arbeitsmittel zu gebrauchen. Zum Betriebe einer Straßenbahn läßt sich beispielsweise Elektrizität verwenden, die in einer Dynamomaschine durch Verbrennen von Kohle, also durch Verbrauch chemischer Energie erzeugt wird. Die Dynamomaschine kann aber auch durch das Gefälle des fließenden Wassers, also durch Schwerkraft betrieben werden. Ebenso kann die Straßenbahn unmittelbar durch Verbrennen von Kohle mittels eines Dampfmotors oder eines Heißluftmotors bewegt werden, ja man kann auch Pferde davor spannen. Bei allen diesen Verwendungsmöglichkeiten der verschiedenen Energieformen sowie auch bei ihrer Umwandlung verlangt das Prinzip der Wirtschaftlichkeit die möglichste Energieersparnis, und dies kommt zum Ausdruck in der Leistungsfähigkeit, wobei unter Leistungsfähigkeit die in der Zeiteinheit zu leistende Arbeit zu verstehen ist. Und dieser Begriff der Leistungsfähigkeit läßt sich auf alle aktiven Güter verallgemeinern, wenn man unter Arbeit die Anzahl oder die Menge der in der Zeiteinheit mit Hilfe des aktiven Gutes herstellbaren Güter versteht.

Die Verfolgung eines technischen Zweckes, wie die Herstellung eines Gutes, erfordert immer die Verwendung von Mitteln, und diese Mittel werden dadurch immer anderen Verwendungen entzogen. Dieses für die Herstellung eines Gutes, für eine bestimmte Produktion anderen Zwecken Entzogensein von Mitteln nennen wir die Kosten der Produktion. Bei den Verbrauchsgütern stellt die

dauernde Entziehung der Mittel die Kosten des Produktes dar und man kann daher hier die Mittel selbst auch als die Kosten bezeichnen, welche Verbrauchskosten genannt werden. Bei den Gebrauchsgütern bestehen die Kosten nur in dem vorübergehenden Entzogensein oder in der Nutzung der Mittel und werden daher Nutzungskosten genannt. Nach Einführung des Kostenbegriffes lautet das Prinzip der Wirtschaftlichkeit: Es sollen die Produkte mit möglichst geringen Kosten oder mit gegebenen Kosten möglichst viele Produkte hergestellt werden.

In der Technik sind die Mittel immer konkrete Güter und man kommt mit der konkreten Betrachtung aus, solange es sich nur um das Problem der Kostenersparnis an einem einzelnen Mittel handelt, denn auf ein solches lassen sich immer die quantitativen Begriffe größer und kleiner, mehr oder weniger anwenden. Erst wenn es sich um die Gesamtkosten einer Produktion handelt, die mehrere verschiedenartige Mittel erfordert oder verschiedene Energiequellen benutzt, ist ein gemeinsames Maß der verschiedenen Kostenbestandteile notwendig, und dieses Maß stellt das Geld dar. Das Geld ist ein gemeinsames Preis- und Wertmaß aller Güter. Der Kostenbegriff ist z. B. nicht ausreichend, wenn es sich um den Vergleich zweier Maschinen mit verschiedenen Energiequellen handelt. Hat eine Maschine einen besseren Wirkungsgrad als eine andere, so ist damit nur entschieden, daß die Nutzenergie der einen weniger Rohenergie als die der anderen kostet, wenn beide Rohenergie in gleicher Form verwenden, wie in Form der chemischen Energie der Steinkohle. Sind dagegen die Maschinen verschiedener Art, verwendet die eine Steinkohle, die andere Kraftgas oder Benzin, so ist mit der Feststellung des Wirkungsgrades selbst über die Kosten der Energie nichts entschieden, denn es kommt jetzt darauf an, was eine Einheit der Rohenergie in den verschiedenen Brennstoffen an Geld kostet. Erst mit der Einführung des Geldbegriffes kann man über die wirklichen Kosten der Energieeinheit Aufschluß erhalten und auch die verschiedenen Kostenbestandteile eines Produktes in Beziehung setzen. Der Geldbegriff ermöglicht erst die endgültigen Entscheidungen nach dem Prinzip der Wirtschaftlichkeit.

## V. Die Elemente der Güterherstellung.

Die Güterherstellung oder Produktion ist zunächst ein technischer Vorgang, solange es sich um die Frage handelt, wie stelle ich ein Gut her? Sie ist auf der Stufe der wissenschaftlichen Technik die bewußte Verwendung und Ausnutzung der Stoffe und Kräfte der Natur, um Güter herzustellen. Diese Güter dienen für die Zwecke der Bedürfnisbefriedigung der Menschen, daher verfolgt die Güterherstellung als praktische Technik wirtschaftliche Zwecke und wird abhängig von wirtschaftlichen Erwägungen in dem Streben nach einem dem Prinzip des kleinsten Aufwandes entsprechenden technischen Vorgehen. „Während technisch die Produktion dann vollkommen ist, wenn das Produkt seiner Beschaffenheit und seinen Eigenschaften nach dem ins Auge gefaßten Zweck entspricht, ist sie es wirtschaftlich erst dann, wenn der dem Produkte zugesprochene Wert höher ist, als der Wert der Kosten“ (Philippovich, Grundriß der politischen Ökonomie I § 40). Bei der Güterherstellung gehen also technisches und wirtschaftliches Denken Hand in Hand, neben den technischen Erwägungen sind Berechnungen erforderlich, welche wir als Kalkulation bezeichnen. Und die Verknüpfung des technischen Vorganges mit der Kalkulation kennzeichnet vorwiegend den einzelnen Produktionsvorgang als ein wirtschaftliches Geschehen.

Das Naturgeschehen beruht auf Bewegung und das Medium, in dem die Dinge sich bewegen, bilden Raum und Zeit. Die Träger der Bewegungsvorgänge sind die Energien, welche an den Stoffen, an der Materie gebunden sind. Ebenso werden bei jedem technischen Vorgange Materie und Energie verbraucht, indem ihnen durch die menschliche Intelligenz Gestalt und Richtung gegeben wird. Die Elemente der Güterherstellung in technischer Hinsicht sind also Materie und Energie, zu welchen als lenkende Kraft die menschliche Intelligenz hinzutritt, und das Medium, in welchem die Güterherstellung erfolgt, sind Raum und Zeit.

In der Wirtschaftslehre wird nun die Güterherstellung unter rein wirtschaftlichen Gesichtspunkten betrachtet, es wird die Güterherstellung nach Art und Größe des Aufwandes analysiert, und die Herstellungselemente sind als wirtschaftliche Begriffe wert-

bare Größen<sup>1)</sup>. Als solche werden in der Volkswirtschaftslehre seit Adam Smith Natur, Arbeit und Kapital bezeichnet. Unter Natur werden alle Naturstoffe und alle Naturkräfte verstanden, also alles, was die Erde und das Weltall an Stoffen, an organischen und mechanischen Kräften birgt. Unter Arbeit wird allgemein die bewußte Tätigkeit der Menschen zur Herbeiführung eines äußeren Zieles, eines bestimmten Erfolges verstanden und unter wirtschaftlicher Arbeit im besonderen jede auf Herbeiführung eines bestimmten wirtschaftlichen Erfolges, auf Erlangung eines wirtschaftlichen Gutes gerichtete Tätigkeit. Und unter Kapital werden alle sonstigen Sachgüter außer den Stoffen und Kräften der Natur verstanden, die zur Durchführung des Produktionsprozesses verwandt werden, wobei es üblich ist, in den Begriff des Kapitals das Merkmal des Produktionsmittels hineinzulegen, das Kapital als „produzierte Produktionsmittel“ zu bezeichnen.

Natur ist also ein Sammelbegriff für alles, was die Außenwelt an Mitteln für die Gütererzeugung bietet, und dieser alles umfassende Begriff kann als ein Element der Güterherstellung nicht angesehen werden. Beschränkt man dagegen den Begriff Natur auf alle körperlichen Dinge und analysiert diese, so kommt man wieder auf den Begriff Materie als allgemeines Element der Güterherstellung. Materie oder Stoff in wirtschaftlichem Sinne ist die Gesamtheit der mit unseren Sinnen wahrnehmbaren Dinge, aus welchen unser Erdkörper und das Weltall zusammengesetzt ist. Die Einteilung des Stoffes nach den Aggregatzuständen ist für die Wirtschaft bedeutungslos, für die Durchführung der technischen Prozesse allerdings von großer Wichtigkeit. Wirtschaftlich besitzen alle Stoffteilchen, aus welchen ein Material besteht, bestimmte unveränderliche Eigenschaften, Fähigkeiten, welche ihren Wert ausmachen. Wir kennen von der Materie nur diese Fähigkeiten, welche entweder selbst Energien sind oder durch die Wirkung von Energie zur Erscheinung gebracht werden, da nur Energieeinflüsse auf unsere Sinne zu wirken vermögen. Der Stoff, die Materie ist also der Fähigkeitsträger, und da die Fähigkeiten des Stoffes es

---

<sup>1)</sup> Der Wert und die Höhe des Wertes eines Gutes wird begründet durch die Nützlichkeit und die relative Knappheit des Vorrates oder bei der Güterherstellung nach Oppenheimer (System der reinen und politischen Ökonomie 1910) durch die Größe der zu überwindenden Beschaffungswiderstände.

sind, durch die allein eine Befriedigung unserer Bedürfnisse möglich ist, so müssen wir uns an den Stoff wenden und mit Hilfe anderer Energien oder sonstiger Hilfsmittel der Produktion seine Fähigkeiten in solcher Weise beeinflussen, daß eine unser Bedürfnis befriedigendes Produkt entsteht <sup>1)</sup>. Die Herstellung eines Gutes erfolgt also durch Umwandlung des Fähigkeitenkörpers und daher ist der Stoff, die Materie das erste unmittelbare Element der Güterherstellung.

Die Summe der Fähigkeiten eines Stoffes zur Bedürfnisbefriedigung können wir als seine Energie bezeichnen, wenn auch dieser Begriff sich mit dem rein naturwissenschaftlichen Begriff der Energie nicht ganz deckt. Denn der letztere kennt nur die an den Stoff gebundene potentielle Energie, während wirtschaftlich auch die Fähigkeiten des Stoffes zur Bedürfnisbefriedigung mit zu berücksichtigen sind. Aus der Wirkung der Energien auf den Stoff und aus dem Zusammenwirken der verschiedenen Energien entsteht nun die Arbeit, Arbeit ist also kurz die Wirkung einer Energie. Daraus folgt, daß nicht die Arbeit, sondern die Energie ein allgemeines Element der Güterherstellung ist.

Die Volkswirtschaftslehre hat bisher die Energie als Element der Güterherstellung oder wie sie es nennt als „Produktionsfaktor“ nicht anerkannt, weil angeblich der Energiebegriff kein wirtschaftlicher Begriff sei und daher in den Sozialwissenschaften Verwirrung anrichten würde. Nur Professor Kraft verwendet den Begriff Energie als Güterelement und auch Professor J. Wolff (Nationalökonomie als exakte Wissenschaft, 1908) sowie Dr. F. Oppenheimer (System der reinen und politischen Ökonomie 1910) wenden den Begriff Energie als wirtschaftliche Energie an, welche dem Werte nach zu messen ist. Daß die Energie eine meßbare Größe ist, wird bereits im Physikunterricht auf der Schule gelehrt, ist aber ein physikalischer Begriff meßbar, dann ist er auch wirtschaftlich wertbar. Jedes Produkt enthält eine bestimmte Summe von Werteinheiten und diese werden erzeugt durch eine gleiche Menge von Energieaufwänden, der Energieaufwand ist also das Wertmaß für ein Produkt und daher auch die Energie wertbar und somit ein unmittelbares Element der Güterherstellung.

<sup>1)</sup> Vgl. Professor M. Kraft, Das System der Technischen Arbeit, II. Abteilung. Leipzig 1902. Güterherstellung und Ingenieur in der Volkswirtschaft, in deren Lehre und Politik, 1910.

Über den Wert der drei Produktionsfaktoren Natur, Arbeit und Kapital herrscht übrigens ebenso wie über das Wesen derselben durchaus keine Einigkeit in der volkswirtschaftlichen Literatur, daß alle drei einen wirklichen, von der jeweils geltenden Gesellschaftsordnung unabhängigen Wert besitzen, wird nicht allgemein anerkannt. Viele wollen überhaupt nur die Arbeit als Güterelement gelten lassen, sie sagen, jedes Gut ist soviel wert, als Arbeit in ihm enthalten ist, und kommen damit dem Begriff der Energie näher. Andere wieder schreiben auch jedem anderen Güterelement Wert zu, soweit es nur nützlich und relativ knapp ist, also dem allgemeinen Wertbegriff unterliegt. Die Arbeit war auch für Adam Smith das wesentliche bei der Gütererzeugung, denn er ging davon aus, daß die Arbeit, die sich an einem Gegenstande verkörpert, es bewirkte, daß ein Produkt entsteht, welches mehr taugt als die zu seiner Produktion verwendeten Elemente, und daher war für ihn auch die Arbeit eines Volkes der Träger seines Reichthums. Andere Volkswirtschaftler sind wieder von dem rein technischen Begriff der Arbeit ausgegangen, nach ihnen soll zur Natur auch nur Arbeit hinzukommen, und sie nennen die Arbeit einzig die Verrichtung „Dinge in die rechte Lage zu bringen“. Das einzige Mittel auf den Naturstoff einzuwirken sei, ihn zu bewegen, und der Mensch könne weiter nichts tun, als daß er „ein Ding dem andern nahe bringt oder davon entfernt“. Das ist auch technisch richtig, denn alles Naturgeschehen beruht auf Bewegung, aber dieser technische Arbeitsbegriff ist für die Wirtschaftslehre unbrauchbar, es wäre ja dann der Mensch nichts anderes als eine Maschine. Wenn zwei Dinge zusammengebracht werden, um sie gegenseitig aufeinander einwirken zu lassen, so wird mehr geleistet als eine Ortsveränderung und Muskelarbeit. Es muß vorher die gegenseitige Einwirkung der beiden Dinge als möglich und wirksam durch Beobachten erkannt und begriffen sein, es muß eine Tätigkeit des Verstandes vorausgehen, damit Muskelarbeit später leisten kann, was sie leistet, und nach dem Prinzip der Wirtschaftlichkeit mehr leisten kann, als sie kostet. Diese Überlegung hat dazu geführt zwischen körperlicher und geistiger Arbeit zu unterscheiden, eine physiologische Unterscheidung, die aber für die wirtschaftliche Betrachtung auch nicht ausreicht. Daher hat bereits 1892 Professor J. Wolf die Arbeit in eine schöpferische, dispositive und exekutive Arbeit eingeteilt, indem er unter exekutive die ausführende Arbeit des Handarbeiters, unter dis-

positiver Arbeit die ordnende, leitende Arbeit des Unternehmers oder des höheren Beamten im Unternehmen und unter schöpferischer Arbeit die Arbeit des Erfinders versteht<sup>1)</sup>. Er stützt sich dabei auf den allgemeinen Sprachgebrauch, welcher ebenfalls Arbeitskraft, Talent und Genie unterscheidet. Die Leistung der schöpferischen Arbeit soll in der Idee, die der exekutiven im Zugriff liegen und die dispositive soll beide in organische Verbindung setzen, die eine für die andere, genauer beide für die Wirtschaft nutzbar machen. Wolf betrachtet also die Arbeit nicht mehr als einheitlichen Begriff, als welcher sie in der Volkswirtschaftslehre bis dahin gemeinhin angesehen wurde, aber er übersieht wieder dabei, daß Arbeit nur die Wirkung von Energien ist, und verkennt somit auch noch das eigentliche unmittelbare Güterelement.

Wenn so über den Begriff der Arbeit die Auffassungen und Erklärungen schon auseinander gehen, so ist dies noch weit mehr der Fall bei dem dritten Produktionsfaktor, dem Kapital. Der Begriff des Kapitals ist in der Volkswirtschaftslehre noch heute ungeklärt, eine Unsumme von Scharfsinn und Worten ist angewendet und eine Unmenge von Theorien ist aufgestellt worden, um den Begriff festzulegen, aber es ist bisher noch nicht gelungen. Das liegt an der Vieldeutigkeit des Wortes Kapital. Als Produktionsfaktor soll Kapital nicht gleichbedeutend mit Geld sein, Geld soll vielmehr erst zu Kapital werden, wenn es in Sachgütern zur Gütererzeugung angelegt wird, das sind die sog. „produzierten Produktionsmittel“, und hiernach wäre eine Maschine auch lediglich Kapital. Diese frühere Auffassung hat sich dann als unhaltbar erwiesen, denn die Leistung einer Maschine geht nicht von dem Güteraufwand aus, den die Maschine verkörpert, sondern ist, wie J. Wolf es nennt, der „technischen Idee“, die in der Maschine verkörpert ist, zu danken, ohne die technische Idee könnte die Maschine niemals Kapital sein. Andererseits ist aber, um die technische Idee dem wirtschaftlichen Zwecke dienstbar zu machen, ein Güteraufwand erforderlich, und in der Übernahme dieses Aufwandes durch das Kapital liegt eine für den Erfolg unumgängliche Verrichtung. Hiernach ist die typische Funktion des Kapitals die, „daß es die technische Idee verkörpert und den für einen bestimmten Produktionserfolg erforderlichen Güter-

<sup>1)</sup> Vgl. J. Wolf, Die Volkswirtschaft der Gegenwart und Zukunft. Leipzig 1912.

kostenaufwand herabsetzt oder bei gleichem Einsatz Mehrprodukt, Mehrwert erwirkt, daß es die Produktivität erhöht. Die Produktivität der Arbeit, deren Objekt die Natur liefert, wird durch das Kapital gehoben und vielfach erst ermöglicht, aber ohne technische Idee ist Kapital schlechthin der an sich tote Stoff. „Kapital ist also hiernach nur Produktivitätsvermittler. Wolf hat daher folgerichtig auch als vierten Produktionsfaktor die technische Idee eingeführt, die erst das Kapital als Produktionsfaktor geschaffen haben soll.

Aber der Kern der Sache ist nicht das Kapital, sondern die Methode der Gütererzeugung, die wir die kapitalistische Produktionsmethode nennen, sie ist eine besonders vorteilhafte Art zu arbeiten, aber wir können sie nicht überall anwenden, wo sie vorteilhaft ist, weil andere Gründe ihr entgegenwirken. Daraus folgt, daß wir sie nach dem Prinzip der Wirtschaftlichkeit da anwenden müssen, wo sie am vorteilhaftesten ist, d. h. wir müssen mit ihrer Anwendung wirtschaften, ihr einen Wert zuerkennen. Aber folgt denn aus dem Wert dieser Produktionsmethode nun auch, daß das Kapital als solches ein Produktionsfaktor, ein Element der Gütererzeugung sein muß? Mit nichten, das Kapital hat mit der Gütererzeugung an und für sich nichts zu tun und ist daher kein Element, kein unmittelbarer Bestandteil der Güterherstellung, es ermöglicht vielmehr nur eine vorteilhafte und wertbare Produktionsmethode.

Das Kapital als Produktivitätsvermittler ist nur ein mittelbares Hilfsmittel der Gütererzeugung bei einer bestimmten Produktionsart und läßt sich nicht in die Begriffsgattung der Elemente hineinreihen. Mit mehr Recht könnte man jedenfalls das in der Güterherstellung verwendete Geld als Produktionsfaktor bezeichnen und würde dann unter Kapital als Produktivkapital die Wirkungen des Geldes bei den technischen Prozessen zu verstehen haben, es also als eine Abstraktion, ein Symbol für Erscheinungen und Wirkungen auffassen, ebenso wie die Begriffe Materie und Energie. Da aber diese Wirkungen nicht allgemein, sondern nur bei einer bestimmten Art der Gütererzeugung eintreten, so kann auch dieser Kapitalbegriff nicht als ein unmittelbares Element der Güterherstellung angesehen werden.

Die unmittelbaren Elemente der Güterherstellung sind also nur diejenigen unmittelbaren Bestandteile, aus welchen sich der

Herstellungsvorgang zusammensetzt, und dies ist eine Wechselwirkung von Energie und Materie in Zeit und Raum. Ob Zeit und Raum Elemente der Güterherstellung sind, wie Professor Kraft es will, ist nicht ohne weiteres zuzugeben. Zeit und Raum sind zunächst jedenfalls freie Güter, Wert erhalten sie erst, wenn man die Zeit in Beziehung zur Lebensdauer der Menschen und den Raum in Beziehung zur Bevölkerung setzt. Zeit und Raum sind das Medium, in dem alles Geschehen vor sich geht, und daher auch zur Durchführung der Güterherstellung notwendig, aber sie gehen nicht wie Materie und Energie in das Produkt über, und ich möchte daher bevorzugen, sie nicht als unmittelbare Elemente, sondern als Hilfsmittel der Güterherstellung zu bezeichnen.

In der Natur tritt uns eine Ordnung des Geschehens entgegen, die einerseits uns als Ausfluß unabänderlicher, blind wirkender Naturgesetze erscheint, die andererseits aber, und vornehmlich in der organischen Welt, uns zur Annahme einer höheren, die Energien lenkenden Kraft zwingt. Mag man diese Kraft als Weltvernunft, kosmische Intelligenz oder Gottheit bezeichnen, die Rätsel in der organischen Natur sind nicht lösbar, wenn man nicht eine solche Kraft annimmt. Ein Gegensatz zwischen blind wirkenden und intelligenten Kräften ist zweifellos vorhanden, dieser Dualismus in der Natur bleibt unüberbrückbar, wenn auch die intelligenten Kräfte wieder nur im Rahmen der Naturgesetze und mit den Mitteln der Naturkräfte wirken. Die Intelligenz und die Energien sind die bewegenden Kräfte der Welt. Sie sind es aber ebenso auch für die Werke des Menschen, die Intelligenz ist die hervorragendste Eigenschaft des Menschen. Auch seine Werke sind ohne Annahme der Intelligenz als eines treibenden Agens, als der richtunggebenden Triebkraft unbegreiflich, auf das Dasein und das Wirken der Intelligenz müssen wir schließen aus Millionen von Tatsachen. Die Intelligenz ist gewissermaßen die Resultierende aus der Vernunft oder dem Verstande und der Phantasie, wenn man unter letzterer das niemals ruhende Denkvermögen versteht, das durch Verbindung oft weit auseinander liegender Vorstellungen neue Vorstellungskombinationen bildet und dadurch belebend auf alle geistige und physische Tätigkeit einwirkt. Wir haben den Begriff der Intelligenz gewonnen durch Abstraktion von den intelligenten Einzelhandlungen, die Intelligenz selbst vermögen wir nicht wegzudenken, solange wir nicht den

Menschen selbst wegdenken wollen, sie ist eine Voraussetzung jeder Wissenschaft, und da der Mensch zur Natur gehört, auch unter die Naturkräfte im weitesten Sinne zu rechnen, sie ist aber keine Energie, weil sie nicht umwandelbar und nicht dem Erhaltungsgesetze unterliegt. Die Intelligenz kann daher nicht restlos als geistige Energie definiert werden, sie deckt sich nicht mit dem Begriffe der Energie, und ich muß daher als ein weiteres Element der Güterherstellung die Intelligenz bezeichnen. Daß die Intelligenz wertbar ist, beweist das tägliche Leben. Ohne Intelligenz wären Materie und Energie der Regellosigkeit des Zufalls unterworfen, ohne Intelligenz ist keine technische Leistung und kein Fortschritt der Technik denkbar. Auch die technische Idee des Professors Wolf ist ein Bestandteil der Intelligenz, sie ist der in einem technischen Erzeugnis verkörperte Zweck, also ein Produkt der Intelligenz, und kann daher ein Produktionselement nicht sein. Dies bleibt vielmehr die gestaltende und richtunggebende Intelligenz, von welcher immer nur ein Teil in dem Zweck des Produktes verkörpert ist und die dem Produkt aufgezwungene Arbeit leistet.

Das technische Denken zwingt uns also die in der Volkswirtschaftslehre bisher angenommenen Produktionsfaktoren Natur, Arbeit und Kapital zu verwerfen und an ihre Stelle Materie, Energie und Intelligenz als unmittelbare Elemente der Güterherstellung, welche in jedes Gut übergehen, zu setzen. Die Grundlage der heutigen technisch-wirtschaftlichen Güterherstellung ist die Naturwissenschaft und daher muß auch die wirtschaftliche Güterherstellungslehre sich die Erkenntnismethoden der Naturwissenschaften zu eigen machen und in der Analyse der Güterelemente wenigstens bis zu den allgemeinen Herstellungselementen aller Güter vordringen.

## VI. Die Entwicklung der Technik.

In der geschichtlichen Entwicklung der Technik haben wir sowohl bei den passiven wie bei den aktiven Gütern steigende Veränderungen. Die passiven Güter bleiben im Anfange ihrer Substanz nach im wesentlichen unverändert, im Produkt war immer der Naturstoff, aus dem es entstanden, zu erkennen, wenn er auch vielfach umgestaltet und selbst chemisch verändert wurde.

Auf den späteren Entwicklungsstufen wird dies anders. Die Stoffe, aus denen die Produkte entstehen, sind jetzt von den Natur- oder Rohstoffen verschieden, aus denen sie auf chemischem Wege entstanden sind. Durch Analyse und Synthese sind Stoffe erzeugt worden, wie sie die Natur gar nicht liefert. Oder es stimmen die Stoffe zwar ihrer Zusammensetzung nach mit den Naturstoffen annähernd überein, doch sind sie nicht unmittelbar aus der Natur, sondern auf Umwegen aus anderen Stoffen gewonnen. Aus Naturstoffen sind künstliche Stoffe geworden. Von den aktiven Gütern nimmt der Mensch zunächst die Arbeitskräfte der Tiere in seinen Dienst, darauf macht er sich die Energien der leblosen Natur, die Energie der Schwerkraft im fließenden Wasser und die mechanische Energie des Windes nutzbar. Endlich treten neben diesen von der Natur gelieferten Rohenergien die aus verbrennbaren Stoffen gewonnenen Wärmeenergien, die wieder in mechanische Energie umgewandelt werden. Zur weiteren Umwandlung und Übertragung dienen dann die elektrischen Energien. Und wie an Stelle der Naturstoffe künstliche Stoffe, an die Stelle der Naturkräfte künstliche Kräfte treten, so treten auch künstliche technische Prozesse an die Stelle der Naturprozesse. Was durch den Wachstums- und Lebensprozeß der Pflanzen und Tiere erzeugt wurde, Stoffe wie Energien, wird jetzt künstlich in Laboratorium und Fabrik erzeugt. Dies ist das Wesen der technischen Entwicklung.

Bei den technischen Aufgaben sind also Mittel und Zwecke immer mannigfaltiger geworden und es ist eine immer größere Entfernung von der unmittelbar gegebenen Natur eingetreten. Und alle diese Veränderungen sind entstanden einerseits durch die fortschreitende Naturerkenntnis, anderseits im Interesse der Wirtschaftlichkeit, in Erfüllung des Prinzips der Wirtschaftlichkeit, zur Ersparung von Stoff und Energie, zur Erleichterung und Sicherung der Befriedigung der menschlichen Bedürfnisse, der menschlichen Gütersversorgung. Die technischen Veränderungen haben teils wirtschaftliche Veränderungen zur Folge gehabt, teils sind sie von ihnen bedingt gewesen. Technik und Wirtschaft befinden sich in steter Wechselwirkung. Die Vielgestaltung der technischen Prozesse machte es schließlich unmöglich, sie innerhalb einer Wirtschaft, eines Betriebes unterzubringen und so entsteht eine Spezialisierung der Wirtschaften und ein Verkehr unter ihnen. Die Entstehung des Verkehrs ist die wirtschaftlich be-

deutsamste Erscheinung, die wir überhaupt zu verzeichnen haben. Allerdings ganz ohne Verkehr ist keine Entwicklungsstufe menschlicher Wirtschaft gewesen, aber es gab eine verkehrsarme Zeit, in welcher noch alle Wirtschaften landwirtschaftliche Urproduktion trieben und daher in bezug auf die notwendigsten Lebensbedürfnisse voneinander unabhängig waren, einen Austausch von Produkten nicht erforderten. Auf diese erste Wirtschaftsstufe der gleichartigen Wirtschaften folgte dann die Stufe der verschiedenartig gestalteten Wirtschaften, die namentlich durch die Trennung von Landwirtschaft und Gewerbe, durch den Gegensatz von Land und Stadt gekennzeichnet ist. Hier besteht ein notwendiger Verkehr, weil Land und Stadt gegenseitig aufeinander angewiesen sind, die Stadt hinsichtlich der Lebensmittelversorgung vom Lande und das Land hinsichtlich der Versorgung mit gewerblichen Erzeugnissen von der Stadt abhängig ist. Diese zweite Stufe verteilt sich dann in immer mehr Unterstufen nach dem Fortschreiten der Spezialisierung der Wirtschaften und nach dem dadurch bedingten Verkehr, es ergeben sich allmählich immer weitere wirtschaftliche Abhängigkeiten hinsichtlich der notwendigen Lebensmittel und Rohstoffe für die Gewerbe von Volk zu Volk, von Land zu Land, so daß man die Unterstufen der Stadtwirtschaft, der nationalen Volkswirtschaft und endlich der internationalen Verkehrswirtschaft oder Weltwirtschaft unterscheiden kann.

Mit jeder weiteren Spezialisierung der Wirtschaften nimmt der Verkehr an Stärke und räumliche Ausdehnung zu, die Güter durchlaufen immer längere Wege von dem Orte, wo sich ihre Rohstoffe finden, bis zu dem Orte der Umgestaltung und schließlich bis zu dem Orte des Verbrauchs der Produkte. Ferner wird die Anzahl der Mittelstufen zwischen Rohprodukten und Fertigprodukten und Verbrauch immer größer, die Mittel und Zwecke verzweigen sich immer mehr und gehen auch wieder ineinander über. Endlich wächst im allgemeinen auch die Zahl der Wirtschaften, welche ein Gut vom Beginn seiner Herstellung bis zum Verbrauch durchläuft, und man kann von einer dreifachen Verlängerung des Weges, den ein Produkt zu durchlaufen hat, sprechen, d. i. eine Verlängerung des geographischen Weges, eine Verlängerung des technischen Weges und eine Verlängerung des wirtschaftlichen oder Verkehrsweges.

Die technischen Prozesse erhalten also eine immer reichere Gliederung und lösen sich immer mehr von der unmittelbar ge-

gebenen Natur los. Und dies war möglich durch den Übergang der handwerksmäßigen in die wissenschaftliche Technik. Bei der handwerksmäßigen Technik wurden die mehr oder minder zufälligen Entdeckungen der Eigenschaften der Mittel und die Methoden ihrer Anwendung von Generation zu Generation in Form von Vorschriften überliefert und es kam nur in Betracht, wie man verfahren solle. Das Warum blieb unerörtert, weil es noch nicht zum Bewußtsein gekommen war. Die handwerksmäßige Technik herrschte vor auf der Stufe der gleichartigen Wirtschaften und auf der Unterstufe der Stadtwirtschaft. Sie wird dann allmählich verdrängt durch die fortschreitende Erkenntnis der Natur, durch die vernunftgemäße Erforschung der Stoffe und Energien. Die wissenschaftliche Erkenntnis bedeutet gegenüber der rein erfahrungsmäßigen insofern einen großen Fortschritt, als die Erkenntnis des Warum, der allgemeinen Gesetze, die Erkenntnis der Einzelfälle erleichtert und die Mitteilung der allgemeinen Gesetze weit einfacher ist als die Mitteilung von unzähligen Einzelvorschriften. Die wissenschaftliche Technik vermag durch die Einsicht in den kausalen Zusammenhang der Erscheinungen und in die Gründe des Verfahrens die Bedingungen und etwaigen Grenzen der Methoden in jedem Falle festzustellen, wodurch der Erfolg der technischen Arbeit nicht mehr vom Zufall, wie bei der handwerksmäßigen Technik abhängt, sondern vielmehr gesichert ist. Sie kann sich auch von den Naturbedingungen in gewisser Hinsicht frei machen, indem sie selbst die nötigen Bedingungen künstlich herbeiführt. Wer keine Pflanzenchemie kennt, hängt ab von der natürlichen Beschaffenheit seines Bodens, während der nach wissenschaftlichen Grundsätzen arbeitende Landwirt den Boden durch geeignete Bearbeitung und Düngung jedem besonderen Zwecke anpassen kann. Ebenso kann der wissenschaftliche Eisenhüttenmann Stahl von jeder vorgeschriebenen Beschaffenheit herstellen, während die handwerksmäßigen Methoden immer nur Stahl von bestimmter Qualität lieferten. Und die wissenschaftliche Erkenntnis hat die Beherrschung der äußeren Natur durch die Menschen gefördert.

Die Grundlagen und das Wesen des technischen Denkens und der technischen Wissenschaft können wir nunmehr kurz kennzeichnen als das Erforschen und Dienstbarmachen der Stoffe und Kräfte der Natur innerhalb des Bereiches der unabänderlichen Naturgesetze sowie das Gestalten und Schaffen nach dem Gebot

von Zweckmäßigkeit und Wirtschaftlichkeit. Und das Schaffen ist gerichtet auf die Herstellung von wirtschaftlichen Gütern, von Werten für die Allgemeinheit.

---

Man kann die moderne wissenschaftliche Technik mit einem Baume vergleichen, der auf dem Boden der Naturwissenschaft erwachsen ist und dessen Wurzeln aus der Naturwissenschaft die Lebensäfte ziehen. Wie beim Baum bei fortschreitender Entwicklung die Vegetationspunkte immer weiter auseinander rücken, Stamm und Wurzeln sich verzweigen, so haben auch bei der fortschreitenden Technik Zweige und Wurzeln sich immer mehr vermehrt und weiter voneinander entfernt. Daraus folgt, daß einerseits die Naturerkenntnis immer mehr fortschreiten mußte, um den Wurzeln die nötige Nahrung zu geben, und daß andererseits die einzelnen Zweige der Technik sich immer weiter von dem eigentlichen Nährboden entfernten. Waren es ursprünglich nur die Nahrungstechnik, die Wohnungstechnik, die Kriegstechnik, die Verkehrstechnik und die Genuß- oder Luxusstechnik, welche sich an dem Stamme als Hauptzweige bildeten, so sind mit der Zeit immer mehr Zweige dem Stamme entwachsen und haben sich weiter verästelt. Wir können jetzt bereits als Zweige der Technik unterscheiden: die Technik der Stoffgewinnung als Landwirtschaft und Bergbau, die Bautechnik mit ihren Abzweigungen als Hochbau, Tiefbau, Wasserbau, Straßen- und Eisenbahnbau, Städtebau und Landbau, die Maschinenteknik mit ihren Abzweigungen Kraft- und Arbeitsmaschinen, die Elektrotechnik mit ihren Abzweigungen Starkstrom- und Schwachstromtechnik, die Hüttentechnik und chemische Technik, die Schiffbautechnik, die Luftschiff- und Flugzeugtechnik, die Kriegstechnik als Waffen- und Festungstechnik. Die Verzweigung oder die Spezialisierung ist also bereits eine recht stattliche und dabei greifen die einzelnen Verzweigungen auch noch wieder ineinander, so daß eine ziemlich verwickelte Verästelung entstanden ist. Das Wachstum der Zweige hat aber bei einem Baume in dem an der Spitze jedes Zweiges gelegenen Vegetationspunkte seinen Sitz, es liegt daher die Gefahr nahe, daß über der Pflege der einzelnen Vegetationspunkte die Pflege des die Zweige tragenden Stammes vernachlässigt wird. Und diese Befürchtung erscheint bei dem heutigen technischen Wissenschaftsbetriebe nicht

ganz grundlos. Die Spezialisierung ist tatsächlich so weit vorgeschritten, in der wissenschaftlichen sowohl wie in der praktischen Technik, daß der Überblick über die ganze Wissenschaft der Technik erschwert wird. Wenn aber die Spezialstudien überhand nehmen und der Überblick verloren geht, so kann man sich nicht wundern, daß eine gewisse Einseitigkeit eintritt. Es kann das Studium eines bestimmten Gegenstandes für einen Beruf zu einer gefährlichen Einseitigkeit der Bildung führen, die den Menschen hindert, zu einer festen geschlossenen Anschauung über das Geschehen in Technik und Wirtschaft zu gelangen. Wenn jemand seinen Standpunkt in einem Winkel wählt, so kann er ein auch nur einigermaßen zutreffendes Bild des Ganzen nicht empfangen, und wenn er in seinem Winkel auch noch so heimisch ist. Erst ein Überblick über das Ganze, in unserem Falle ein universelles Verständnis und ein systematisches Zusammenfassen der Grundlagen der technischen Wissenschaften vermögen vor Einseitigkeit zu bewahren.

An unseren technischen Hochschulen ist das Lehrgebiet mit der Zeit so umfangreich geworden, daß jeder Lehrer sich mit der wissenschaftlichen Durchdringung seiner Spezialprobleme begnügen muß, es fehlt daher an allgemeinen Vorträgen über die Grundlagen der technischen Wissenschaften, über ihr Entstehen und Werden und über die Bedeutung der Technik als Kulturmacht. Bei der Selbständigkeit der Entwicklung der einzelnen Zweige der Technik ist ihre fortschreitende Gesamterscheinung nicht genügend gewürdigt worden, über der Pflege der einzelnen Zweige des großen Baumes der Technik ist die Pflege des Stammes vernachlässigt. Und doch ist der Stamm der Hauptteil des Baumes, weil durch ihn die Lebensäfte in die einzelnen Zweige geleitet werden müssen. Solange der Techniker nur Fachtechniker, nur Spezialist auf einem kleinen Gebiete der Technik ist, nur an einem kleinen Ast des Baumes arbeitet, kann er auch nicht beanspruchen, daß er für geeignet und berufen erachtet wird zur Mitwirkung an den großen Aufgaben der Gesamtwirtschaft. Eine tiefgründige Kenntnis und Beherrschung aller Einzelgebiete kann bei der Kürze des Menschenlebens natürlich niemand erwerben, zu einem in den Beruf einmündenden Sonderstudium eines einzelnen Faches nötig schon die eigenartige Struktur der neuzeitlichen Wirtschaftsordnung, aber auf einen Überblick über die Gesamtheit der technischen Wissenschaften kann niemand verzichten, der die Bedeutung der Technik für unser ganzes Kulturleben erkennen und begreifen will.

Erst ein solcher Überblick ermöglicht die Höhe der Betrachtungsweise, die erforderlich ist, um im Interesse der Allgemeinheit wirken zu können. Allerdings gibt es ohne Spezialisierung keinen Fortschritt, der Fachtechniker ist also auch notwendig und sein Beruf ist, das Spezialfach zum Wohle der Allgemeinheit nach Möglichkeit zu fördern. Daneben müssen aber die technischen Hochschulen die Möglichkeit bieten zum Studium der allgemeinen Technik, zum Studium des ganzen technischen Geschehens, zum Studium der technisch-wirtschaftlichen Beziehungen auf der Grundlage naturwissenschaftlicher Erkenntnis.

Kaiser Karl I. von Österreich hat jüngst zu den Vertretern der technischen Hochschulen Österreichs gesagt: „Wenn es eines Beweises bedurft hätte, welche große Bedeutung der Technik für die wirtschaftliche und die Wehrkraft des Reiches innewohnt, so hat der gegenwärtige Krieg diesen Beweis offensichtlich erbracht.“ An der Berechtigung dieses Kaiserwortes wird heute wohl niemand zweifeln, aber andererseits kann es mit derselben Berechtigung auch ausgesprochen werden und ist ja auch oft genug ausgesprochen worden, daß die Leitung der wirtschaftlichen Kraft, die Bürokratie, nach innen und außen in der schwersten Kriegszeit versagt hat. Sie hat insbesondere auf allen wirtschaftlichen Gebieten, auf denen der Krieg eine Anpassung an das Neue verlangte, sich den Aufgaben nicht gewachsen gezeigt und ist in ihrer Schwerfälligkeit immer zu spät gekommen. Es muß daher für alle Neuorientierung unerläßliche Bedingung sein, daß dem begrifflichen Denken nicht weiter allein die Leitung überlassen wird, sondern daß diesem das allem Naturgeschehen entsprechende technische Denken als gleichwertig und notwendig zur Seite gestellt wird, daß in der Schulung für die Führung des öffentlichen Lebens, für Verwaltung und Diplomatie, für Parlament und Presse das naturwissenschaftlich-technisch-wirtschaftliche Studium mehr zur Geltung kommt, daß auch das öffentliche Leben sich richtet „nach einem gesunden, aus heldischem Geiste geborenen technischen Denken“, wie Professor Kloß am Schlusse seiner Rektoratsrede es ausgesprochen hat. Man braucht gar nicht so weit zu gehen, die Technik und ihren jeweiligen Stand als alleinige Ursache der jeweiligen wirtschaftlichen Zustände eines Volkes hinzustellen, hierfür kommen auch noch die natürlichen Verhältnisse des Landes, die geistig-moralischen Eigenschaften und die Begabung des Volkes in Betracht, aber es gibt kein höheres geistiges Leben ohne technische Entwicklung

und das wirtschaftliche Leben ist durch die Höhe der Technik bedingt. Auf der Stufe der höheren, wissenschaftlichen Technik ist das ganze Wirtschaftsleben so von technischen Elementen beherrscht, daß die Zusammenhänge ohne Verständnis für die technische Wissenschaft, ohne technisches Denken einfach gar nicht zu verstehen sind. Und deshalb muß die Forderung, daß die berufenen Führer des Wirtschaftslebens auch technisch zu denken vermögen, mit gleichem Recht erhoben werden, wie die Forderung, daß die Lehrstätten der technischen Wissenschaften über der Selbstständigkeit der Entwicklung einzelner Teile der Technik ihre fortschreitende Gesamterscheinung nicht vernachlässigen dürfen. Nur Menschen, die technisch zu denken vermögen, sind imstande, die Reibungen und Schwierigkeiten einer Wirtschaft mit hoher Technik zu überwinden.

---

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

---

## **Der Bauingenieur in der Praxis**

Eine Einführung in die wirtschaftlichen und praktischen  
Aufgaben des Bauingenieurs

Von

**Th. Janssen**

Reg.-Baumeister a. D., Privatdozent an der Kgl. Techn. Hochschule zu Berlin

Preis M. 6.—; in Leinwand gebunden M. 6.80

---

## **Taschenbuch für Bauingenieure**

Unter Mitwirkung von hervorragenden Fachleuten

herausgegeben von

**Max Foerster**

Geh. Hofrat, ord. Professor an der Technischen Hochschule in Dresden

**Zweite, verbesserte und erweiterte Auflage**

2094 Seiten auf bestem Dünndruckpapier mit 3054 Figuren

In zwei Teilen — In Leinen gebunden

In einem Bande Preis M. 20.—; in zwei Bänden Preis M. 21.—

---

## **Technik und Weltanschauung**

Hochschul-Festrede zur Feier des Geburtstages Seiner Majestät  
des **Kaisers** gehalten am 27. Januar 1916 in der Aula der Kgl.

Technischen Hochschule in Danzig

von

Prof. Dr.-Ing. **Hermann Föttinger**

Preis M. —,60

---

## **Die Technik und der Krieg**

Zwei Vorträge, gehalten in der Aula der Kgl. Techn. Hochschule  
zu Danzig

von

**Dr. G. Roessler**

Professor an der Kgl. Techn. Hochschule zu Danzig

Preis M. 1.—

---

## **Zwei kurze Kriegsansprachen an die deutsche Industrie**

Von

**Dr. Wilhelm von Oechelhaeuser**

Preis M. —,60

---

## **Kulturwerte der Technik**

Festrede zur Feier des Geburtstages Sr. Majestät des **Kaisers**,  
gehalten am 27. Januar 1912 an der Kgl. Techn. Hochschule

Hannover

von

Professor **Robert Otzen**

Preis M. 1.—

---

Zu beziehen durch jede Buchhandlung