

Vieles Gewaltige lebt auf Erden,  
Doch nichts ist gewaltiger als der Mensch!

So beginnt das Hohelied von der Macht des Menschen, welches der Chor in Sophokles' Antigone anstimmt, und vielhundertstimmig zu allen Zeiten und unter allen Völkern hallt wider der stolze Lobgesang.<sup>1</sup> Denn darin sind sie Alle einig, die streitliebenden Menschen, daß der Mensch die Krone der Schöpfung sei und darum berufen, über die Erde zu herrschen.

Die ältesten, ehrwürdigsten Urkunden des Menschengeschlechts stellen diesen Anspruch auf Herrschaft als göttliche Einrichtung hin.<sup>2</sup> Und so zieht sich gleichsam als Leitmotiv der Gedanke, daß der Mensch bestimmt sei, über die Materie, über die Erde Herr zu werden, durch die ganze Kulturentwicklung und läßt sich als treibende Kraft verfolgen von den ersten Anfängen der Geschichte bis auf den heutigen Tag.

Hat aber der Mensch das ihm vorschwebende Ziel erreicht? Fast könnten wir die Frage bejahen, wenn wir den Maßstab vergangener Jahrhunderte an das Erreichte anlegen wollten. Denn sieht hin: Wohin er gelangte, der Mensch, auf seinen rastlosen Wanderzügen, überall hat er dem Antlitz der Erde sein Mal aufgedrückt. Er hat den Urwald gelichtet, Sümpfe und Moräste ausgetrocknet, weite Strecken machte er zu Getreidefluren, die Grassteppe und Heide versucht er mit Wald zu bedecken. Indem er aus dem Schoß der Erde das belebende Maß hervorprudeln ließ, hat er in Wüsten und Einöden, fast auf

nachtem Fels Gärten und fruchttragende Dasen hervorgezaubert. Er hat Dämme aufgeworfen, den Ueberfluthungen der Ströme zu steuern, Deiche hinaus ins Meer geführt, neuen fruchtbaren Boden zu gewinnen.<sup>3</sup> Er hat Flüssen ein neues Bett gegraben, Kanäle gezogen, Landengen durchstochen, Berge durchbohrt und über die Erde hin ein dichtes Netz von Verkehrswegen gesponnen. Und nicht allein die unbelebte Welt hat er zu bezwingen gesucht, er führte Thiere und Pflanzen aus einem Himmelsstrich in den anderen und hat auch an sie seine modelnde Hand gelegt, um sie seinen Zwecken dienstbarer zu machen. Und weiter, weiter strebt der Menscheng Geist in die Tiefen der Erde, in den Abgrund der See, auf die Spitzen der Gebirge, in den umgebenden Luftkreis. Wer will ein Ende absehen?

Wie und wodurch aber ist der Mensch fähig geworden, zu leisten, was er bisher gewirkt, und wodurch ist er in den Stand gesetzt, noch Größeres zu erstreben?

Nicht willig erträgt die Erde das Joch des Menschen, nicht willig verleiht sie ihm ihre Gaben. Wo er die Hände sinken ließ, wo er zurückwich, da nahm die Wildniß wieder Besitz von dem abgerungenen Boden: die Fruchtfelder bedeckten sich mit Unkraut und Gestrüpp, wieder bildeten sich Sümpfe und Schilfdickichte, und die See breitete von neuem ihre Grenzen aus.<sup>4</sup> Und zuweilen erhebt sich die Natur zu gewaltigem Ansturm gegen das Werk des Menschen, in unbändigem Groll gleichsam, gegen den Uebermuth des fürwizigen Zwerges.

Der Sturm braust heulend über Feld und Flur, reißt schonungslos nieder, was sich seinem Grimm entgegenstellt, Bäume und Wälder und festgegründete Bauten der Menschenhand, wühlt die See auf, und haus hohe Wogen thürmend wirft er das stolze, meerdurchfurchende Schiff gegen die Klippen. Dunkel und drohend zieht die Wetterwolke herauf, grelle Blitze fahren nach allen Richtungen der Windrose dahin, lauter und

lauter ertönt der Donner, Schlag auf Schlag erfolgt, und dann fährt nieder der zuckende Strahl, Menschenleben vernichtend und Menschengebilde zerschmetternd oder in Flammen setzend. Unendlicher Regen fällt, prasselnd stürzt der Hagel herab, und die Früchte des Feldes werden zerschlagen. Vom schmelzenden Schnee schwellen die Gebirgswässer an, rollen Felsen nieder ins Thal, füllen die Strombetten höher und höher, und die Wasser treten übers Ufer; die wilden Fluthen ergießen sich, alles mit fortreißend, ziellos weit über das Gelände. Vom Anprall der Gezeitenströmung unter dem Einfluß kosmischer Kräfte bersten in dunkler Sturmnacht die schützenden Dämme, und die salzige Meerfluth stürzt sich wieder auf das ihr einst entrissene Gebiet.

Die Kräfte des Erdinnern brechen sich Bahn, treiben himmelhoch die feurige Lohe, verheerende Lavamassen ergießen sich, und der feste Boden, das Sinnbild des Beständigen, wankt und bebt unter unseren Füßen.

Solchen Gewalten gegenüber, die in Stunden zerstören, was Jahrhunderte geschaffen haben, erfaßt freilich den Menschen Bangen und Grausen, willig und demüthig erkennt er die höhere Macht. Er weicht auch zurück, — doch nicht auf immer; geduldig wartet er ab, bis der Sturm sich ausgetobt, bis die Wasser verlaufen, bis die Feuer erloschen sind, und beginnt emsig sein Werk von neuem, bildet es nur stärker und widerstandsfähiger.

Aber freilich, mit seiner geringen Leibeskraft allein wäre der Mensch nicht weit gekommen in dem Streben, seine Herrschaft weiter und weiter auszubreiten und fester zu begründen. Er mußte sich Gehülfen suchen, die ihn unterstützten, die mächtiger und gewaltiger waren, als er selber. Das sind die Naturkräfte, die er nach und nach in seinen Dienst bannen lernte; indem er ihrer Herr wurde, ward er Herr der Erde.

Es ist schwer, sich einen wirklichen Urzustand des Menschen vorzustellen, einen Zustand, in dem er rein auf sich selber

angewiesen ein Leben führte, wie die Thiere des Waldes. Und doch muß es eine Zeit gegeben haben, da er noch sein Leben fristete mit den zufällig aufgefundenen Früchten und Samenkörnern, oder mit den Schalthieren, die das Meer an den Strand warf, da er noch ohne alle Werkzeuge und Waffen auf seine flüchtigen Füße angewiesen war, den Nachstellungen der reißenden Thiere zu entgehen, ihnen nur mit seinen schwachen Armen entgegentreten konnte; es muß eine Zeit gegeben haben, da er noch nicht das Feuer kannte, die rohen Nahrungstoffe genießbar zu machen oder sich gegen die Kälte zu schützen. — Noch sind auf der Erde die aller verschiedensten Kulturzustände vertreten, aber auch der niedrigste ist weit von jenem Urzustande entfernt. Selbst die armseligen Bewohner des inneren Australiens, der Südspitze von Amerika, besitzen Waffen, die wilden Thiere zu jagen, bauen sich Hütten, benutzen das Fell der erbeuteten Thiere zur Kleidung, vor allem haben sie das Feuer.

Mit dem Feuer aber, durch welches er die in den Brennstoffen aufgespeicherte Naturkraft in die Hand nahm, schwang sich der Mensch mit einem Male zu einer Stufe auf, die ihn für alle Zeiten weit, weit auch von dem höchstentwickelten Thiere trennt. Wann und auf welche Weise die Menschen zuerst die Benutzung des Feuers lernten, das entzieht sich vollständig unserer Kenntniß. Die Mythen aller Völker schreiben ihm göttlichen Ursprung zu.<sup>5</sup> Prometheus bringt es gegen den Willen des Zeus vom Sitze der Götter zur Erde und muß dafür unendliche Qual dulden; denn die Himmlischen neiden den Staubgeborenen die göttliche Gabe. Kann deutlicher die hohe Bedeutung, welche die Menschheit mit Recht dem mächtigen Elemente zuschrieb, das in seinem Entstehen und Vergehen so räthselhaft erschien, gekennzeichnet werden?

Zunächst, und jedenfalls für lange Zeit, diente das Feuer nur dem häuslichen Gebrauch, zur Bereitung der einfachen

Speisen und zur Erwärmung in den kühleren Nächten. Die oben erwähnten Australier und Feuerländer und, wie uns erst jüngst Dr. von Steinen erzählte, die noch vollständig im Steinzeitalter lebenden Anwohner des Schingu im Innern Brasiliens wissen auch heute noch keinen weiteren Gebrauch von ihm zu machen. Aber schon diese beschränkte Verwendung mußte für die Ausbreitung des Menschengeschlechts von der größten Bedeutung werden. In den tropischen und subtropischen Zonen, wo wir doch wohl die Wiege des Menschengeschlechts zu suchen haben, konnte man zur Noth künstliche Erwärmung entbehren, nicht so in den ungasflichen Regionen, zu denen auch unsere Heimath gehört, wo die Kälte des Winters zu Zeiten alles Leben zu zerstören droht. Erst als sie sich in den Besitz des Feuers gesetzt hatten, durften die Menschen daran denken, auch diese nur in der Sommerzeit verlockenden Länder aufzusuchen und zu besiedeln, selbst in die eisstarrenden Regionen des hohen Nordens vorzubringen. Nur das Feuer hat es dem Menschen möglich gemacht, sich über die ganze Erde zu verbreiten und sie in dauernden Besitz zu nehmen. Wie nun weiter das Feuer die Anfänge und die immer weitere Ausbildung der keramischen Kunst im Gefolge hatte, wie die gebrannten Thonmassen da, wo festes Gestein fehlte, die Auführung von dauerhaften Wohnungen, Tempeln und Grabdenkmälern ermöglichten, das brauche ich nicht weiter auseinanderzusetzen; vom Thurm zu Babel, der jedenfalls aus gebrannten Steinen hergestellt war; haben wir schon als Kinder gehört.

Der Mensch ist angewiesen, sich zu den einfachsten Verrichtungen des täglichen Lebens verschiedener Werkzeuge zu bedienen; zum Kampfe gegen seinesgleichen oder gegen die reißenden Thiere, zur Verfolgung des Wildes bedurfte er der Waffen. Das Material für diese Werkzeuge und Waffen lieferten ihm zunächst das Holz und die Knochen der getödteten Thiere, lieferten Muschelschalen

und Steine, die er nach und nach in mühseliger Arbeit zu der ihm passenden Form schleifen und umgestalten lernte. Von den vergänglichen Holzwerkzeugen jener vorgeschichtlichen Zeit ist uns natürlich nichts übrig geblieben, aber bearbeitete Knochen und Steine von den verschiedensten Formen haben sich, als Zeugen uralter Kunstfertigkeit und Arbeitsausdauer, in unübersehbarer Zahl erhalten. So gut nun bearbeitete Holzstücke, Knochen und Steine dem augenblicklichen Bedürfnis entsprechen mochten — es waren doch nur Stoffe, die sich leicht abnutzten oder beim Gebrauche zersprangen. — Da war es ein neuer überaus großer Fortschritt, daß man endlich lernte, dem Schoße der Erde widerstandsfähigere Stoffe abzugewinnen und weiter zu verarbeiten. Wohl waren schon zur Steinzeit die in gediegenem Zustande vorkommenden Metalle Gold, Silber und Kupfer zu Schmuckgegenständen benutzt worden; aber zu spärlich ist solch Vorkommen, als daß ihr Gebrauch ein allgemeiner hätte werden können. Ein glücklicher Zufall mag es gewesen sein, der darauf führte, sie und andere noch viel nutzbarere Metalle aus unscheinbarem Gestein mit des Feuers Gewalt darzustellen. Kupfer ist verhältnißmäßig leicht aus seinen Erzen zu gewinnen; es war darum natürlich, daß wenigstens da, wo solche Erze reichlicher vorkamen, auch das Kupfer und besonders seine nutzbare Zinnlegirung, die Bronze, vor allen übrigen Metallen Darstellung und Verwendung fand. So hat man in ganz Nordamerika bis zur Zeit der europäischen Einwanderung nur Kupfer zu Waffen und Werkzeugen benutzt, und lange Zeit war in den Mittelmeerländern Bronze das hauptsächlichste Material für Waffen, Werkzeuge und Schmuck. Aber doch war hier schon in dieser sogenannten Bronzezeit das Eisen bekannt und geschätzt, hören wir doch von den mythischen Chalibäern, daß sie Stahl zu bereiten wußten; ja die Aegypter benutzten stählerne Werkzeuge schon 3000 v. Chr.<sup>6</sup> Es ist überhaupt ein Irrthum,

wenn man annimmt, daß überall eine Kupfer- oder Bronzezeit der Eisenzeit vorhergegangen sein müsse; im Innern Afrikas wenigstens verstehen die Eingeborenen sehr wohl, Eisen zu gewinnen; Kupfer und Messing erhalten sie jedoch auch heute noch nur durch Vermittelung des Handels. Als dem wachsenden Bedürfniß nach Metall die auszubeutenden Lagerstellen der Kupfererze nicht länger genügten, mußte man sich auch in Europa mehr und mehr zu der schwierigeren Darstellung des Eisens bequemen. Nach und nach vervollkommneten sich die Herstellungsmethoden, und man erkannte immer mehr, wie gerade das Eisen sich zu den verschiedensten Verwendungen eigne. Vor allem trat Stahl an die Stelle der bronzenen Waffen, mit denen allein die Völker des Alterthums ihre Schlachten geschlagen haben; und für den täglichen Lebensbedarf wurden schon eiserne Geräthe aller Art gefertigt.

Wie die Metallförderung im Mittelalter zunahm, wie insbesondere die Gewinnung des Eisens in unseren Tagen zu einer enormen Höhe stieg, wie dann die Verwerthung der Naturkraft der Brennmaterien in der Dampfmaschine eine noch weit höhere Bedeutung gewann, das lasse ich jetzt — um der geschichtlichen Entwicklung nicht allzuweit vorzugreifen — vorläufig bei Seite.

Vielleicht noch vor der Verwendung des Feuers hat der Mensch gelernt, sich die Thiere des Waldes und der Steppe unterthan zu machen und je nach ihren Kräften zu den verschiedensten Diensten zu brauchen. Er zähmte den Büffel und das Rind, legte ihnen das Joch auf,

Die unerschöpfliche Erde, die ewige,  
Kreisdenden Pfluges von Jahr zu Jahr zu furchen,  
wie es weiter in jenem Chorliede heißt, ließ sie den ungefügen Wagen ziehen, wenn er als Nomade neue Weidegründe für seine Herden aufsuchte. Er zwang in seinen Dienst das genügsame

Kamel, das ihn selbst und Lasten tragen mußte durch die unwirthliche Wüste; sogar den Waldkoloß, den Elefanten, machte er sich unterthan, wie den geduldigen Esel. Er fing das wilde Roß der Steppe; mit List und Gewalt spannte er es vor den Pflug oder vor den Streitwagen und lernte es später auch als Reitthier benutzen, mit dem er dem Sturme gleich über die Ebene dahinflog. Noch jetzt benutzen wir dieselben Hausthiere wie die Alten als Genossen der Arbeit. Sie sind mit dem europäischen Ansiedler über den Ozean gezogen; mit ihrer Hülfe hat er die weiten Strecken der Prärien und Pampas, der australischen Wüste durchquert und Gebirge überstiegen; noch heute muß ihm das Lastthier Erzlager in unwirthbarer Einöde nutzbar machen. 7

Die Zähmung der Hausthiere, welche so weit in die graue Vorzeit zurückreicht, daß wir von den meisten gar nicht mehr die wilde Urform angeben können, bildet einen sehr wesentlichen Schritt in der Kulturentwicklung, wie uns der tiefe Stand derjenigen Völker beweist, welche niemals Hausthiere besaßen. Das gilt namentlich von den Ureinwohnern Australiens und der pacifischen Inseln, wo freilich auch die größeren Thiere fehlten, die sich hätten nutzbar verwenden lassen. Es gilt auch von den alten Bewohnern Nordamerikas; als die Europäer an seiner Ostküste landeten, waren die Eingeborenen, die weder den Bison noch eine der vorhandenen Hirscharten zu zähmen gewußt hatten, noch ohne staatliche Ordnung, ohne Ackerbau, ohne alle Kunstübung, zur Erhaltung ihres Lebens hauptsächlich auf den Ertrag der Jagd angewiesen.

Und es liegt nahe genug, warum gerade die Zähmung der Thiere einen Fortschritt des Menschengeschlechts bedingen muß. Wie kann der Mensch zum Ackerbau und mit ihm zu einer sesshaften Lebensweise, zu staatlicher Ordnung kommen, wenn er auf seine Kraft allein angewiesen ist, den Boden zur Aufnahme des Samenkorns umzuroden? Wie soll er die Lasten schleppen

können, um einen Austausch der Erzeugnisse der verschiedenen Länder zu vermitteln? Solche und alle anderen schweren Arbeiten, endlich auch das Mahlen des Getreides nahmen ihm die Thiere ab, und ihm blieb Zeit und Gelegenheit, seine geistigen Fähigkeiten zu entwickeln, sein Dasein menschenwürdiger zu gestalten. Freilich kam im Alterthume, und noch weit in die neue Zeit hinein, dieses menschenwürdige Dasein nicht allen Menschen, häufig nur einer Minderzahl zu gute. Noch lange sah es der Starke und Mächtige, der Kluge und Gebildete als sein Recht an, seinesgleichen zum Last- und Arbeitsthier, zum willenlosen Sklaven zu entwürdigen. Weiter mußte die geistige Entwicklung vorschreiten, und andere Naturkräfte mußten in den Dienst des Menschen treten, um nach und nach und immer mehr die offene und die verhüllte Sklavenarbeit dem Menschengeschlechte abzunehmen.

Die Leistungen der Griechen und Römer auf dem weiten Gebiete der Naturwissenschaften sind im ganzen gering; ihr Sinn, gerichtet auf die Pflege des Schönen und einzelner Geisteswissenschaften, auf das staatliche Leben und kriegerische Erfolge, war mit nur wenig Ausnahmen weit abgewandt von der Beschäftigung mit den Naturdingen —, so war es denn natürlich, daß sie in der Technik, in der Beherrschung und Verwerthung der Naturkräfte schließlich nicht viel weiter gekommen sind, als lange vor ihnen schon die Aegypter und vielleicht die Inder. Da sie die Beschäftigung mit Handel und Gewerbe als eines freien Mannes unwürdig betrachteten, so brauchen wir uns nicht zu wundern, wenn sie auch nur herzlich wenig von den ihnen wie uns gebotenen Naturkräften in Anspruch nahmen.

Wohl mag die so naheliegende Verwendung des fließenden Wassers, Holz und Baumstämme aus den Gebirgswäldern in die Ebene zu flößen, in die grauesten Zeiten zurückreichen, recht lange aber blieb sie auch die einzige. Da begann man endlich,

die schwere Arbeit des Getreidemahlens, welche überall in weiten Landstrecken den Weibern und Sklaven obgelegen hatte, für die man wohl auch die Kraft der Zugthiere verwandte, dem strömenden Wasser zu übertragen. In Rom wurde die erste Wassermühle zur Zeit des Kaisers Augustus angelegt, und nur langsam fand die neue Maschine Eingang; erst im vierten Jahrhundert war sie in Italien allgemein verbreitet.

Ganz ähnlich ging es mit der zweiten gewaltigen Naturkraft, die sich dem Menschen ohne alles Entgelt bietet, mit der Bewegung der Luft.

Die Schiffe der Alten, wenn sie auch in ihrer äußeren Form den heutigen glichen, waren zu ihrer Fortbewegung wesentlich auf die Ruder angewiesen und benutzten nur in sehr beschränktem Maße den Wind; die Kunst, zu kreuzen, d. h. durch besondere Segelstellung auch widrigen Wind zur Fahrt zu benutzen, kannten weder die Griechen noch die Römer.

Hätte nun freilich eine ruhige Weiterentwicklung des Kulturlebens der alten Welt stattgefunden, so würde von selber auch ein stetiger, schneller zu den Errungenschaften der neuen Zeit führender Fortschritt eingetreten sein. Aber ein langer Zeitraum voll Krieg und Kampf, voll Verwüstung und Zerstörung, voll Roheit und Barbarei liegt zwischen der alten und neuen Zeit. Und bloß eine Erfindung, und dazu eine Erfindung, die zunächst nur den kriegerischen und rohen Instinkten jener Zeit dienstbar wurde, wenn sie auch in späteren Jahrhunderten eine hohe kulturelle Bedeutung erlangte, hat das Mittelalter der Neuzeit überliefert.

Fast von vorn anfangend erhob sich die Menschheit mühsam aus dem Abgrunde der Unwissenheit und des Aberglaubens, in den sie versunken war, und erst im fünfzehnten Jahrhundert beginnt für die Völker des Abendlandes eine neue, sagen wir, die neue Zeit. Die Buchdruckerkunst eröffnete endlich die

Möglichkeit einer allgemeinen Verbreitung von Kenntnissen; die folgenreiche Entdeckung des neuen Welttheils, das Auffinden des Seeweges nach dem indischen Wunderlande erweiterte den geistigen Horizont und brachte eine Fülle neuer Anschauungen und Aufgaben. Mit der kirchlichen Reformation, mit ihr und durch sie vollzog sich auch eine Reformation in der Pflege der Wissenschaften und Künste. Die Naturwissenschaft feierte ihr Erwachen. Selbständiges, zielbewußtes Forschen trat an die Stelle gedankenlosen Nachbetens alter oft mißverständener Ueberlieferungen; und was noch viel wichtiger war, die Wissenschaft von den Naturdingen trat nach und nach heraus aus der engen Studirstube des Gelehrten, sie befruchtete die Praxis und empfing von dieser wiederum die werthvollsten Anregungen.

Die Zahl der eigentlichen Naturkräfte, wenn wir als solche die von der Natur gebotenen Mittel zur Leistung von Arbeit bezeichnen, ist nicht groß — es war auch weniger die Auffindung neuer solcher Kräfte oder Arbeitsvorräthe, welche unsere Zeit vor der alten auszeichnet und ihre unzweifelhaften Fortschritte bedingt hat, sondern vorzugsweise die geschickte neue Verwendung des schon Bekannten und Vorhandenen, des zum Theil Verkannten. Unendliches aber verdanken wir der lange Zeit nur praktisch geübten, jetzt oft theoretisch begründeten Erkenntniß von der Wandelbarkeit der Kräfte, von der Möglichkeit, sie ineinander überzuführen, ihnen gleichsam die für die verschiedensten Zwecke passende Gestalt geben zu können.

Lebten wir im vorigen Jahrhundert, so müßte ich hier einem seiner Zeit sehr verbreiteten und bedenklichen Irrthume entgegentreten: der Vorstellung, daß durch irgend eine Maschine, irgend eine künstlich ausgedachte Vorrichtung Kraft erzeugt werden könne. Glücklicherweise ist heute der Traum von einem Perpetuum mobile ausgeträumt oder spukt nur noch in unklaren Köpfen. So wenig der Chemiker mit all seinen Retorten

und Tiegeln und Röhren, mit all seiner Synthese und Analyse auch nur das kleinste Atom Materie schaffen kann, so wenig vermag der Mechaniker mit all den tausend und abertausend der wunderbarsten Maschinen, die oft eben so voll Leben scheinen, wie ein Organismus, auch nur so viel Kraft zu erzeugen, als zum Heben einer Stecknadel erforderlich ist. Eine jede Maschine, die einfachste, wie die komplizirteste, — kann nur eben eine gegebene Kraft in besonderer Weise zur Verwendung bringen. Aber weil wir bloß in den seltensten Fällen irgend eine Kraft unmittelbar, d. h. so wie sie uns geboten wird, verbrauchen können, sind uns Maschinen so wichtig und geradezu unentbehrlich.

Ich sprach von einer Erfindung, welche noch dem Mittelalter angehört, ihre wahre und volle Verwerthung aber erst in der neuen Zeit gefunden hat. Ich meinte natürlich die Erfindung des Schießpulvers.

Als eine leicht entzündliche und Feuer verbreitende Masse mögen schon in entlegenster Zeit Chinesen und Indier ein Gemenge von Salpeter, Kohle und Schwefel benutzt haben, und das sogenannte griechische Feuer, welches im siebenten Jahrhundert n. Chr. als Kriegsmittel erwähnt wird, das namentlich zur Zeit der ersten Einfälle der Osmanen bei der Vertheidigung von Konstantinopel verwendet wurde, war nach Marcus Gräcus aus sechs Theilen Salpeter, zwei Theilen Kohle und einem Theil Schwefel — unserm heutigen Pulver ganz ähnlich — zusammengesetzt. Auch im Abendlande war schon im Anfang des dreizehnten Jahrhunderts — wie uns Roger Baco berichtet — diese Zündmasse bekannt. Sonach kann also der Freiburger Franziskanermönch Berthold Schwarz, der um das Jahr 1320 lebte, die ihm vom Volksglauben zuerkannte Ehre, das Schießpulver erfunden zu haben, nicht in Anspruch nehmen; vielleicht hat er aber — und das wäre freilich die Hauptsache — die

treibende Kraft desselben gekannt und seine entsprechende Verwendung zum Schleudern von Geschossen gelehrt. Das sei nun, wie es wolle; sicher ist, daß schon 1346 in der Schlacht von Grech mit Feuerwaffen gekämpft wurde und daß schon in der Mitte des vierzehnten Jahrhunderts an verschiedenen Orten Deutschlands Pulverfabriken bestanden.<sup>8</sup>

Ich bin weit entfernt, auf alle die weitreichenden Folgen einzugehen, welche die Einführung des Schießpulvers nach sich zog, wie sich durch die Anwendung der Feuerwaffe alle staatlichen und ständischen Verhältnisse nach und nach umgestaltet haben. Hier habe ich das Schießpulver und die ihm verwandten zahllosen Explosivstoffe nur als Kraftquelle zu betrachten, die dem Menschen zur Lösung der Aufgabe zuflöß, über die Natur Herr zu werden.

Worin besteht das Wesen der Explosivkörper? Die verschiedenen Elemente, aus denen nach unseren jetzigen Kenntnissen der materielle Theil der Welt zusammengesetzt ist, sind in einer uns ganz unbegreiflichen Weise mit der Fähigkeit ausgerüstet, sich untereinander zu verbinden und neue Körper zu bilden, Körper mit meist ganz neuen Eigenschaften. Die Energie, mit welcher bei gebotener Gelegenheit diese Vereinigung erfolgt, ist sehr verschieden; manche Elemente bedürfen künstlicher Veranstaltungen, gleichsam eines Zwanges, um die von uns gewünschte Verbindung einzugehen, andere brauchen nur einen leisen, mechanischen Anstoß, eine sekundenlange Einwirkung des Lichtes, eine geringe Erwärmung. Ebenso geschieht es in einzelnen Fällen, daß sich die Verbindungen rasch und plötzlich lösen. Sind nun die neu entstandenen Körper, Verbindungen oder Zersetzungsprodukte gasförmiger Natur, so suchen sie — häufig begünstigt durch die sich gleichzeitig entwickelnde Wärme — einen Raum einzunehmen, der im Vergleich zu dem des festen Stoffes, aus welchem sie entstanden sind, meist ungeheuer groß ist. Das

Mögliche der Ausdehnung bedingt die Erscheinung, welche wir Explosion nennen, das Zerschmettern der Wände des einschließenden Gefäßes, oder das Fortschleudern der minder widerstandsfähigen Theile des Verschlusses, das von einem mehr oder minder lebhaften Knall begleitete Zusammenstürzen der zurückgestoßenen Luft. Die immer staunenswerthe Kraftentwicklung läßt sich berechnen, wenn wir die Ausdehnung des Gases kennen. Nach den eingehenden Versuchen von Nobel und Abel verwandelt sich Schießpulver bei der Entzündung in eine Gasmasse, die unter gewöhnlichem Luftdruck und einer Temperatur von  $0^{\circ}$  mindestens den 250fachen Raum einnehmen würde. Nun entwickelt sich aber gleichzeitig eine Wärme von  $2200^{\circ}\text{C.}$ ; diese muß das Gas weiter auf den achtmaligen, im ganzen also auf den 2000fachen Raum ausdehnen. Der hierbei erreichte größte Druck auf den Quadratcentimeter beträgt mindestens 6,4 Tonnen oder 128 Centner!<sup>9</sup>

Das Schießpulver ist ein Schwächling gegenüber anderen Sprengstoffen, der Schießbaumwolle, dem Nitroglycerin, Melinit u. s. w., wie sie alle heißen. Ich habe also nicht zu viel gesagt, wenn ich betonte, daß mit den Explosivkörpern eine ganz außerordentliche Kraft in die Hand des Menschen gelegt ist.

Ihrer Natur nach ist es vorzugsweise die Thätigkeit des Trennens, des Zerschmetterns und Zerstörens, die wir mit ihrer Hilfe ausüben. Nun ist zu allen Zeiten der Mensch des Menschen größter Feind gewesen, und zu aller Zeit war er bestrebt, Einer dem Andern den größten Schaden zuzufügen. Wie bereitwillig leistete das Pulver diesem Streben Vorschub! An die Stelle des Bogens und der Armbrust trat die Feuerwaffe, die mit größerer Sicherheit und auf weitere Entfernung das tödtliche Blei entsandte; die Katapulten und die anderen ungefügigen Belagerungsmaschinen wurden ersetzt durch das Geschütz, das immer mehr und mehr vervollkommnet, jetzt auf

Meilenentfernung seine centnerschweren Geschosse schießt, Tod und Verderben weiter verbreitet, als das Auge reicht.<sup>10</sup> So ist das Pulver seiner ersten Verwendung treu geblieben, aber doch ist es mit den übrigen, zum Theil noch wirksameren Zerstörungsmitteln ein Kulturfaktor geworden, dem wir großentheils die ungeheuren Fortschritte verdanken, welche Handel und Verkehr in unseren Tagen aufweisen. Wie wäre es möglich gewesen, ohne Hülfe der Sprengstoffe die Arbeiten auszuführen, die ein Stolz der Neuzeit sind, die Kunststraßen und Eisenbahnen, die über Berg und Thal dahinführen und in meilenlangen Tunneln das Gebirge durchsetzen? Pulver und Dynamit ermöglichte, was die Alten vergebens versucht hatten: die Verbindung des Mittelmeeres mit dem Rothen Meere, wie die Durchstechung der Landenge von Korinth. Mit Pulver und Dynamit werden Arbeiten gleicher Art: die Verbindung des Baltischen Meeres mit der Nordsee, gewiß auch die Durchbohrung der Panama-Landenge in nicht zu ferner Zeit zu stande kommen. Nicht mehr hindert das Höllenthor den Zugang zum Hafen von Newyork, und bald wird auch das Eisene Thor weit seine Pforten öffnen. Wenn der Bergmann tief im Schoße der Erde in früheren Zeiten sein mühseliges Werk nur mit Häufel und Spitzhacke betrieb, so benutzt er jetzt zur Lösung der Felsmassen, des tauben Gesteins, das ihn von dem begehrten Erze, der nugharen Kohle, trennt, Pulver und Dynamit.

Sa überall, wo gewaltige Massen, die aller Menschen- und Maschinenkräfte spotten, aus dem Wege geschafft, zerrissen und zermalmt werden müssen, da tritt die Kraft des Pulvers ein, die schier unwiderstehliche Riesenkraft, welche doch der Menschenggeist in ihren Wirkungen abmessen und nach seinem Willen lenken kann.<sup>11</sup>

Wer einmal einer Sprengung in größerem Maßstabe beigewohnt hat, vergißt nicht den mächtigen Eindruck, den die

Erschütterung des Bodens, die hoch in Garbenform emporgeschleuderten Felsbrocken, der verhüllende Dampf und das Getöse der aufeinander folgenden Entladungen auf ihn ausübten. Ein gewisses, dem Stolz ähnliche Hochgefühl erfüllt ihn, wenn er sieht, wie der kleine Mensch der Massen Herr wird.

Man macht sich in der Regel eine falsche Vorstellung vom Verbräuche des Pulvers und schätzt die Menge des zu rein militärischen Zwecken Verwandten gegenüber dem der Industrie dienenden viel zu hoch. Während des letzten Bürgerkrieges in Amerika nahm die Pulverfabrikation in diesem Lande ab, nur weil die Weiterführung von Sprengarbeiten stockte. Dieselbe Beobachtung machte man während des Krimkrieges in Frankreich. Das wird erklärlich, wenn nachgewiesen wird, daß nur zur Herstellung des Mont Genistunnels eine Pulvermenge nöthig war, die zur Füllung von mehr als 200 Millionen Musketenpatronen ausgereicht hätte.

Im ganzen kann man annehmen, daß nur 10 Prozent des jährlich fabrizirten Pulvers im Militär- und Kriegsdienste verbraucht werden.<sup>12</sup> Ich denke, das ist für den Menschenfreund auch ein Trost, und so mag dem mythischen Pulvererfinder sein Standbild gegönnt sein.

Die gewaltige Druckkraft der bei einer Explosion wirkenden Gase zum Betriebe von Maschinen zu verwenden, hat man bis jetzt erst einen schüchternen Anfang gemacht, aber immerhin einen Anfang. In dem Ottoschen Gasmotor leistet einzig die Sprengwirkung einer in bestimmten Verhältnissen erfolgten Mischung von Leuchtgas oder von Dämpfen flüchtiger Kohlenwasserstoffe mit atmosphärischer Luft nützliche Arbeit. Wenn es einst gelingt, und es wird sicherlich gelingen, die gar zu plötzliche Ausdehnung zu verlangsamern, die rohe Naturkraft gleichsam noch weiter zu zähmen, dann werden die Sprengstoffe ein gewaltiges Betriebsmittel für Maschinen aller Art liefern.

Ich habe das Schießpulver einen Kulturfaktor genannt; in noch viel höherem Grade verdient diesen Ehrennamen der den Explosionskörpern verwandte, aber sie in Benutzungsfähigkeit unendlich überragende Wasserdampf.

Auch der Dampf leistet die ihm aufgelegte Arbeit durch die Eigenschaft, sich auszudehnen. Während aber beim Pulver und den ihm ähnlichen Stoffen die Gasbildung mit Einem Male ihre höchste Wirkungsfähigkeit erreicht, haben wir es bei dem Wasserdampf in der Hand, ihm eine Spannung, eine Druckkraft zu verleihen, die unseren Bedürfnissen entspricht, ohne sie in gefährdender Weise zu überschreiten. In hohem Grade erfüllt also der Dampf die für die allgemeinere Verwendung der Sprengstoffe gestellten Bedingungen. Der Dampf wird eben zu dem mächtigen Agens, das wir Alle kennen, nur durch seine Fähigkeit, eine ihm von außen zugeführte Kraft aufzunehmen, zu tragen und in uns passender Weise in Thätigkeit zu setzen. — Diese zugeführte Kraft ist die Wärme, und diese selber ist nur ein Erzeugniß, oder besser, eine Umwandlungsform der chemischen Kraft, der Anziehung, mit welcher Kohlenstoff, frei oder gebunden, und der Sauerstoff der Atmosphäre aufeinander einwirken.

Mit jeder Schaufel Kohle, die der Heizer in den Feuerraum seiner Maschine wirft, ertheilt er dem eingeschlossenen Dampfe eine erhöhte Temperatur, und durch dieselbe vermehrt er in einem genau abzumessenden Betrage die Spannung. Er kann sie zu jeder beliebigen Höhe steigern und ihr endlich auch die alles zerstörende Wirkung der gefährlichsten Sprengstoffe ertheilen. Sonach ist aber auch der Dampf nicht eine dem Menschen unmittelbar zu Gebote stehende Naturkraft; er muß ja erst erzeugt werden, und seine Energie ist nur das Umwandlungsprodukt der in den Brennmaterialien schlummernden Kraft.

Im ganzen Alterthum findet sich keine Spur, daß jemals ein anderes Heizmaterial als Holz benutzt worden sei, nur hier und da mag auch Bitumen und Erdharz zur Verwendung gekommen sein. Das günstige Klima der Mittelmeergestade nöthigte nicht in dem Maße, wie die rauhe Luft der nördlichen Länder, auf künstlichem Wege für Erwärmung zu sorgen. Auch heute noch entbehrt der Italiener und Spanier und Griechen größtentheils der Defen, und selbst der Kamine — freilich um wenigstens an einzelnen Tagen recht gehörig zu frieren. Und wenn zum Kochen der Speisen, und namentlich zur Gewinnung der Metalle Brennstoffe gebraucht wurden, so lieferte zunächst der Wald ausreichendes Material. Schonungslos ging man mit ihm um, und Niemand dachte daran, daß man in ihm einen kostbaren Regulator des Klimas vernichtete. Die heutige Waldarmuth des südlichen Europas, die theilweise Verödung und Ungesundheit weiter Strecken am tyrrhenischen Meere ist zum großen Theil eine böse Erbschaft aus früheren Zeiten. Auch Mitteleuropa würde unausbleiblich ähnlichem Lose verfallen sein, wenn das mit wachsender Bevölkerung immer mehr steigende Bedürfniß nicht nur an Baumaterial, sondern mehr noch an Heiz- und Feurungstoffen, bloß durch die Erzeugnisse des Waldes, hätte befriedigt werden müssen. Dies Schicksal ist uns glücklich abgewandt dadurch, daß man lernte, einen im Schoße der Erde schlummernden Schatz zu heben, den die Natur als das Erzeugniß längst vergangener Jahrtausende aufgespeichert hat. Es sind die Kohlen, welche uns nicht nur die in der rauhen Jahreszeit nöthige Zimmerwärme gewähren und unsere Speisen kochen, sondern auch den ungeheuren Verbrauch unserer Maschinen decken. Die Steinkohle wurde zuerst in England verwandt, und schon 1183 mußten die Hammerschmiede von Wearmouth und Sheffield einen Kohlenzins entrichten, aber nicht eher als im 13. Jahrhundert wurde ihr Gebrauch allgemeiner, und

noch lange bediente man sich für den häuslichen Gebrauch ausschließlich des Holzes.<sup>13</sup> Wer hätte im Ausgange des Mittelalters wohl daran gedacht, daß die Kohle England zum reichsten Lande der Erde, zur Führerin auf dem Gebiete der Industrie und des Handels machen würde! Die Kohle allein ermöglichte eben den Betrieb der Dampfmaschinen in der heutigen kolossalen Ausdehnung.

Die Verwendung des Dampfes zur Leistung mechanischer Arbeit wird meist für eine englische Erfindung angesehen, mit Unrecht, wie kürzlich Gerland unwiderleglich nachgewiesen hat.<sup>14</sup> Denn schon im Jahre 1706 setzte der in den Diensten des Landgrafen Karl von Hessen stehende Papin eine nach seinen eigensten Ideen gefertigte Dampfmaschine in Thätigkeit, während Newcomen erst 1712, und zwar mit Benutzung der Papinschen Angaben, eine solche zu Stande brachte.

Nun freilich haben sich die Engländer um die Ausgestaltung der ursprünglich nicht ihnen angehörenden Erfindung die größten Verdienste erworben, sie haben nach und nach das zuerst so unhandliche Werkzeug zu höherer Leistungsfähigkeit gebracht. In Deutschland, wo die Papinsche Erfindung vergessen war, wurde erst wieder im Jahre 1785 eine aus deutschem Material gefertigte Dampfmaschine in Betrieb gesetzt; es geschah das für die Zwecke des Mansfeldischen Bergbaus zu Rothenburg an der Saale. Somit sind es nicht viel mehr als 100 Jahre, seit der Dampf als Maschinenkraft seinen Triumphzug durch die Welt angetreten hat, einen Triumphzug ohnegleichen.

Es waren freilich auch Riesenkräfte, die dem Menschengeschlechte mit der Einführung des neuen Betriebsmittels zuwachsen, größer, als das ganze organische Leben der Erde erzeugen konnte. Schätzte man doch schon vor 25 Jahren die Gesamtstärke aller Dampfmaschinen auf 15—20 Millionen Pferdekräfte. Das würde der täglich 12stündigen Arbeit von

100 Millionen Menschen entsprechen; man kann aber die Zahl der in der Industrie beschäftigten Arbeiter höchstens zu 8 Millionen anschlagen. Wie viel die Zahl und die Stärke der Dampfmaschinen in dem letzten Vierteljahrhundert gewachsen ist, weiß ich nicht; ihre Arbeitsleistung dürfte sich aber immerhin auf das Doppelte gesteigert haben.

Nach den verschiedensten Richtungen hin machte sich die außerordentliche Kraftzunahme geltend. Durch sie wurde das Menschenthum, wie vordem durch Zähmung der Arbeitsthier, aber in viel ausgedehnterem Maße, von einem großen Theile niederer, rein mechanischer Thätigkeit entlastet, und einen gewaltigen Schritt that es vorwärts in der Beherrschung der Natur. Die Schätze der Erde konnten jetzt da ausgebeutet werden, wo früher unübersteigliche Hindernisse entgegenstanden, oder wo jene Schätze zu spärlich vertheilt waren, um die Arbeit zu lohnen. Ich erinnere an die vortheilhafte Ausbeutung der Halben verlassener griechischer Silbergruben, an die Ausdehnung, welche allerorts die Bergwerks- und Hüttenindustrie erreicht. Und welchen Aufschwung nahm der Verkehr durch die Eisenbahnen, durch die das Meer durchheilenden Dampfschiffe! Nun erst konnte auch der Austausch minder werthvoller Erzeugnisse der einzelnen Länder beginnen und sich zu dem staunenswerthen Umfange entwickeln, den wir heute in jeder Seestadt bewundern. Die Rohmaterialien sanken durch leichtere Gewinnung und den rascheren Transport im Preise, und gleichzeitig stand zu ihrer Verwerthung eine überreiche Arbeitskraft zu Gebote. So wurden die Erzeugnisse des Gewerbefleißes immer massenhafter, immer mannigfaltiger und jedem Bedürfniß entgegenkommend; sie wurden billig genug, um in die ärmste Hütte zu dringen. Zugleich aber wurden die Geisteskräfte geweckt, denn bei dem lebhaften Wettbetriebe galt es, nicht bloß immer Neues, sondern auch Zweckmäßiges und Schönes zu erfinden.

Eben habe ich erwähnt, wie durch die Einführung der Dampfmaschinen in den Bergbau sich die Ausbeutung der unterirdischen Schätze gesteigert hat. Was nützen aber die ungeheuren zu Tage geförderten Erzmassen, wenn uns die Mittel fehlten, aus ihnen das kostbare Metall zu gewinnen? Und diese Mittel würden uns sicher fehlen, wenn wir bei ihrer Verarbeitung noch wie die Alten auf die Holzkohle angewiesen wären. Nur indem die Steinkohle an die Stelle des immer seltener und theurer werdenden Holzes trat, ward es möglich, daß z. B. die Eisenerzeugung auf eine Höhe stieg, welche sich vorher die ausschweifendste Phantasie niemals hätte träumen lassen. Gewiß gewinnt man jetzt in einem einzigen Jahre mehr an Metallen, als das ganze Alterthum überhaupt zu Tage gefördert hat.<sup>15</sup> Und nun vergleiche man die Leistungsfähigkeit eines Erzeugnisses aus Holz oder Stein mit der eines stählernen, das an seine Stelle tritt! Welcher Kraftzuwachs, oder vielmehr, welche Kraftersparung kommt dem Menschen durch ein jedes solches bessere Werkzeug zu gute!

Ich will hier kein Lob des Eisens singen: mit Recht könnte mir entgegnet werden, daß alle Welt von der Unentbehrlichkeit desselben für unser ganzes heutiges Leben überzeugt ist, daß alle Welt den ungeheuern Fortschritt zu schätzen weiß, den die allgemeinere Verwendung desselben mit sich führte. Eisen und Dampfmaschinen sind in der That in materieller Beziehung die Hauptfaktoren der modernen Kultur.

Nun erkenne ich recht wohl an, daß die Steigerung des materiellen Wohlbefindens, der erhöhte Lebensgenuß, von vielfachen Uebeln begleitet ist, daß nach manchen Richtungen hin die Schattenseiten der Menschennatur hervorgetreten sind in Unzufriedenheit und Ueberhebung, — aber doch wird Niemand leugnen, daß im großen und ganzen der Mensch, wenigstens unter den Kulturvölkern, eine höhere Stufe, ein menschenwürdigeres

Dasein erreicht hat. Und das verdankt er vorzugsweise den in seinen Dienst getretenen Naturkräften, zuletzt der Wärme und Kraft spendenden Steinkohle.

Doch es ist gesorgt, daß die Bäume nicht in den Himmel wachsen. Die in dem Boden schlummernden Schätze sind nicht unerschöpflich. Schon erheben sich in England beängstigende Kassandra-Rufe. Es werden Nachweise geführt, daß in nicht viel mehr als hundert Jahren die Flöze abgebaut sind.<sup>16</sup>

Und wenn auch wir in Deutschland in der beneidenswerthen Lage sind, voraussichtlich noch viele Jahrhunderte unseren Bedarf an Kohlen decken zu können, wenn namentlich Nordamerika über ganz ungeheure, noch unangetastete Kohlenfelder verfügt, einst muß der Tag kommen, hier früher, dort später, wo die Menschheit die bisher für unerschöpflich gehaltene Kraftquelle eingebüßt hat. Was dann?

Man mag ja jenen Tag vielleicht hinausschieben können, wenn etwa Sparsamkeit an die Stelle der heutigen maßlosen Verschwendung tritt, oder durch Verbesserung der Maschinen selber. Und in der That steht in letzterer Beziehung dem Erfindungsgeist noch ein weites Feld offen. Die heutige Dampfmaschine, — so sehr wir ihre kunstreiche Einrichtung bewundern, — nutzt die ihr zugeführte Wärme nur höchst unvollkommen aus; selbst die beste liefert kaum 16 Prozent Nutzeffekt, während sich für andere Kraftmaschinen ein solcher von 75 Prozent herausrechnen läßt. Es ist indes keine Aussicht, die Leistungsfähigkeit des Dampfes auf diese Höhe zu bringen, weil außerordentlich viel Wärme verloren geht und verloren gehen muß. Höchstens darf man hoffen, 20 bis 25 Prozent zu gewinnen, und das wäre ja freilich ein außerordentlicher Fortschritt, denn die erste praktisch angewandte Maschine ergab bloß  $\frac{1}{2}$  Prozent Kraftverwerthung. Aber immerhin wird man hierdurch nur einen Aufschub gewinnen. Und wieder stehen wir vor der Frage:

Was soll geschehen, wenn endlich die letzte Kohle verbraucht ist? Sollen wir an der Zukunft des Menschengeschlechtes verzweifeln? Nein, es gilt nur die übrigen noch vorhandenen und in der That unerschöpflichen Naturkräfte auszubeuten, zunächst die Kräfte des strömenden Wassers und der bewegten Luft.

Wohl haben wir auf diesem Gebiete den Alten gegenüber schon große Fortschritte gemacht. Wir zwingen das Wasser Mühlen zu treiben, die nicht bloß Getreide, sondern auch das härteste Gestein zu Pulver zerreiben, die Sägewerke und Schleifmaschinen in Gang setzen, wir benutzen das strömende Wasser zum Heben von Soole auf die Gradihäuser und in den bekannten Künsten der Bergwerke, um diese zu entwässern, wohl auch, um Erze zu Tage zu fördern. Eine eigenthümliche Verwendung, die übrigens schon Plinius bei Erwähnung der Goldbergwerke in Spanien andeutet, findet der Wasserstrom heutzutage in Kalifornien bei dem sogenannten hydraulischen Bergbau. Bäche mit beträchtlicher Wassermasse werden aus dem Gebirge von ihrem natürlichen Laufe abgelenkt, auf weite Entfernungen fortgeführt und dann gegen ganze Hügel und weit ausgedehnte Erhebungen gerichtet. Die unwiderstehliche Gewalt des herabstürzenden Wassers soll sie wegschwemmen, damit man bequemer zu den goldführenden Schichten gelange, oder dient unmittelbar zur Goldwäsche.<sup>17</sup> Da der zum Betriebe der Maschinen zu Gebote stehende Wasserzufluß in den verschiedenen Jahreszeiten sehr verschieden ist, baute man Stauwehre, den Ueberschuß für die Zeit des Mangels zurückzuhalten, und so ist es auch gelungen einen geregelteren Betrieb der Wasserwerke zu ermöglichen.

Was nun weiter die Bewegung der Luft anlangt, so ist es freilich ein launischer Geselle, der Wind, jetzt ruhend und träge, kaum im Stande ein Blättchen zu regen, und dann plötzlich sich aufraffend zu gewaltigster Entwicklung, zu mächtigem Sturme, und — was seiner Benützung zu stetigen Arbeitsleistungen am

meisten widersteht — bald aus dieser, bald aus jener Richtung strömend in ewigem Wechsel. Immer noch besteht der wichtigste Dienst des Windes in der Bewegung der Schiffe. Nur zögernd und tastend ging man daran, das Ruder als Triebkraft der Schiffe aufzugeben, und nur ganz allmählich entwickelte sich die später so hoch ausgebildete Kunst der Segelstellung, die schließlich ermöglichte, mit dem Winde gegen den Wind zu fahren. Die Karavellen des Kolumbus waren noch recht schlechte Segler, legten sie doch in der Stunde nur 3 Seemeilen zurück, während heutzutage mit einem guten Schiffe in derselben Zeit mehr als die dreifache Strecke durchmessen wird.

Erst im 15. Jahrhundert fing man an, die Strömung der Luft auch zu anderen Zwecken zu benutzen. In Holland, wo die Wasserläufe wegen ihres geringen Falls nicht als bewegende Kräfte dienen konnten, baute man im Jahre 1439 die ersten Windmühlen.

Und diese dienten nicht bloß zum Mahlen des Getreides, bald mußten sie auch Wasser heben, um die dem Meere abgewonnenen, eingedeichten, sumpfigen Flächen trocken zu legen. Großes hat die unscheinbare Maschine zu diesem Zwecke geleistet; ohne sie wäre Holland bis zum vorigen Jahrhundert, vielleicht heute noch, Sumpf- und Moorland mit spärlicher Bewohnerzahl. Zum Wasserheben benutzt man die Windmühlen oder vielmehr die amerikanischen Windräder auch bei uns, vorzugsweise in der Absicht, das gehobene, in einem Behälter angesammelte Wasser als stetiger wirkende Betriebskraft zu brauchen.

Den kühnen Traum, das sehnsüchtige Verlangen der Menschen, wie die Vögel zu fliegen, oder wie es Schillers Maria Stuart ausdrückt, mit den eilenden Wolken, den Seglern der Lüfte, zu wallen, ist noch nicht in Erfüllung gegangen. Die unfeugbaren Fortschritte aber, welche in neuerer Zeit die Luftschiffahrt gemacht hat, lassen recht wohl an eine wenigstens theilweise Erfüllung jenes Traumes denken.

So achtenswerth alle diese Leistungen der Wasser- und Luftmaschinen erscheinen mögen, wie verschwindend wenig beuten sie die zu Gebote stehenden Kraftquellen aus! Hat man doch die Arbeitsstärke des einzigen Niagarafalles zu  $12\frac{1}{2}$  Millionen Pferdestärken, d. h. zu etwa der Hälfte der Leistung sämtlicher Dampfmaschinen der Erde berechnet. Wie viel aber zählen alle Gebirge der Erde Wasserfälle! Und nicht bloß riesengroß, auch unerschöpflich ist diese bis jetzt unbenutzte Kraft, denn so lange unter dem Einfluß der Sonnenwärme tagtäglich Wassermassen in die Höhe steigen, um als Regen wieder niederzufallen, um Quellen und Bäche zu speisen, so lange giebt es fallendes, stürzendes, strömendes, Bewegung erzeugendes Wasser.

Und nicht anders ist es mit dem Winde: ebenso krafterfüllt, wie der Wasserstrom, fließt er dahin, sich ewig erneuernd, fast niemals ruhend, und doch noch weniger benützt als Bach und Fluß.

Nun weiß ich wohl, daß sich der unmittelbaren Verwerthung dieser Kraftquellen große — in vielen Fällen unüberwindliche Hindernisse entgegenstellen. Das Wasser entwickelt seine größte Kraft da, wo es den größten Fall hat: in den Gebirgen, also fern von den Mittelpunkten des Verkehrs und der Gewerbethätigkeit, die doch gerade das Bedürfniß nach Betriebskräften am meisten fühlen; und wie könnten große Fabriken mit einer nach Tausenden zählenden Arbeiterbevölkerung Raum finden in einem engen Alpenthal, das etwa von einem reißenden Wildbache durchflossen wird?

Gerade vor 100 Jahren machte Galvani seine Entdeckung der strömenden Elektrizität. Wie stolz hätte der Mann sein können, wenn er nur eine Ahnung gehabt hätte, zu welcher Bedeutung sich seine, zunächst so unscheinbare Beobachtung entwickeln würde!

Heute ist die Elektrizität das Mittel geworden, tageshell die Straßen der Städte zu erleuchten und der Chemie ein neues

mächtiges Werkzeug, die Stoffe zu zerlegen und neue Elemente darzustellen. In der Galvanoplastik vermag sie die Werke der Kunst zu vervielfältigen; als Strom durchheilt sie die über Länder und auf den Meeresgrund gelegten Drähte, und das Tagesgestirn überflügelnd, trägt sie Botschaften von Welttheil zu Welttheil, auf viele Meilen Entfernung macht sie selbst die menschliche Stimme vernehmbar.

Nun, die Elektrizität ist es auch, die an die Stelle des Dampfes treten wird als Werkzeug zur Verwerthung bisher brachliegender Naturkräfte. Während in den angeführten Leistungen die Elektrizität bisher nur das Umwandlungsprodukt chemischer Kraft war, hat man jetzt gelernt, sie durch mechanische Bewegung zu gewinnen und dann wiederum in Betriebskraft zu verwandeln.

Wenn es seiner Zeit gelungen ist, die durch Wasserkraft erzeugte Elektrizität von Miesbach nach dem Münchener Ausstellungspalast zu leiten und hier zum Treiben von Maschinen zu benutzen, und wenn man jetzt versteht, die Elektrizität in den so genannten Akkumulatoren zu beliebiger Verwerthung gleichsam aufzuspeichern, — so wird der Gedanke nicht ungereimt sein, daß einst von den Gebirgen Hunderte von Kraftströmen in die Ebene fließen werden, daß die Wasserfälle wie die Luftströmungen nicht ewig ungenutzt bleiben, und daß ihre Kraftfülle einst zu erzeugender Arbeit dienen wird.

Die praktische Lösung dieser Aufgabe wird nur eine Frage der Zeit sein; der nimmer ruhende Erfindungsgeist des Menschen wird auch hier alle Schwierigkeiten überwinden.

Wem aber noch nicht genug ist, was bisher geleistet wurde im Dienstbarmachen der Naturkräfte und im Bekämpfen der Naturgewalten, der mag sich getrösten, daß unter den Geheimnissen, welche die Wissenschaft in Zukunft noch enthüllen wird, sich vielleicht Mittel und Wege finden, die Dienstbarkeit auch

noch auf andere Naturkräfte auszudehnen, noch erfolgreicher die Naturgewalten zu bekämpfen. Bisher wollte es nicht glücken, die Sonnenwärme unmittelbar und in ausgiebiger Weise zum Maschinenbetriebe auszunutzen, — es ist kein Grund vorhanden, an der Möglichkeit solcher vereinstigen Verwerthung zu verzweifeln.<sup>18</sup> Möglich ist auch, daß einst die Stoßkraft der an das Ufer prallenden Meereswellen, die hebende Macht der Fluth, der Druck des Wassers in den Tiefen der See in den Dienst des Menschen tritt, denn

Vieles Gewaltige lebt auf Erden,  
Doch nichts ist gewaltiger als der Mensch.