

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 72 (1954)
Heft: 1

Artikel: Technik und Naturwissenschaft
Autor: Brinkmann, D.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-61117>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 01.02.2026

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

Technik und Naturwissenschaft Von Prof. Dr. D. BRINKMANN, Dipl. Masch. Ing., Zürich

DK 130.2

Vor einem Jahr wählten wir die Idee des Perpetuum mobile zum Ausgangspunkt einer grundsätzlichen Betrachtung über das Wesen der abendländischen Technik und ihr Verhältnis zu Natur und Mensch. Die heutige Neubetrachtung soll einer Klärung der Beziehung zwischen moderner Technik und naturwissenschaftlicher Erkenntnis dienen.

Physiker, Chemiker und Biologen, unterstützt durch die Vertreter der Naturphilosophie, haben sich seit langem mit dem Wesen und den Erscheinungsformen menschlicher Erkenntnis beschäftigt und sowohl die Möglichkeit als die Grenzen ihrer Disziplinen, ihrer Grundbegriffe, Grundsätze und Methoden zu klären versucht. Bei der Technik, wenn wir darunter die moderne abendländische Technik verstehen, wie sie erstmals im Hochmittelalter und immer deutlicher seit der Mitte des 18. Jahrhunderts in Erscheinung getreten ist, liegen die Verhältnisse wesentlich anders. Hier fehlen bis heute eine Grundlagenkritik und eine Methodenlehre, die sich mit den erkenntnistheoretischen Bemühungen auf dem Gebiete der exakten Naturwissenschaften vergleichen liessen. Ueber bescheidene Ansätze und Versuche zur philosophischen Grundlegung und Methodologie der Technik sind wir nicht hinausgekommen. Die Hauptarbeit bleibt noch zu tun.

Eine Philosophie der Technik kann es aber auch gar nicht in dem selben Sinne geben, wie man von einer Naturphilosophie spricht. Aus dem einfachen Grunde, weil sich das Wesen der Technik nicht in der naturwissenschaftlichen Erkenntnis erschöpft, sondern etwas ganz anderes darstellt, spielt die Erkenntnis im allgemeinen und die philosophische Selbstbesinnung im besonderen auch nicht die gleiche Rolle wie in den naturwissenschaftlichen Disziplinen. Versuchen wir diese zunächst recht befremdlich klingende Feststellung mit einigen Worten zu erläutern.

Die immer noch weitverbreitete Meinung, in der modernen Technik liege nur eine Anwendung naturwissenschaftlicher Methoden und Resultate vor, vermag dem Wesen und den Erscheinungsformen der Technik nicht gerecht zu werden. Gewiss wenden die Techniker, Ingenieure und Arbeiter bei ihrer Tätigkeit naturwissenschaftliche Erkenntnisse in weitestem Umfang an. Ihrem Wesen nach aber besteht die Technik aus etwas Eigenartigem, das man aus dem menschlichen Erkennen und seinen Anwendungen nicht ableiten kann. Die Technik zielt primär gar nicht auf Erkenntnis, sondern auf Gestaltung — unter Umständen auch Vernichtung — der natürlichen Umwelt, in der die Menschen leben.

Mit unübertrefflicher Klarheit hat diese Auffassung schon vor einem Menschenalter der Pionier des modernen Maschinenbaues und Reformator des technischen Zeichnens, *Alois Riedler*, als Lehrer und Schriftsteller vertreten. Nach dem ersten Weltkrieg schrieb er unter dem Titel «Technisches Denken und Rechnen» in seiner Kampfschrift «Wirklichkeitsblinde in Wissenschaft und Technik» (1919):

«Die Wege des Naturforschers und des Ingenieurs trennen sich: Der Naturforscher kann und will die Einflüsse einzeln und allgemein ermitteln. Der Ingenieur darf nichts ohne weiteres ausschalten, sonst verlässt er die Wirklichkeit; er muss alle Einflüsse zusammen berücksichtigen, sonst kann sein Werk nicht die Wirkungen ergeben, die er vorausbestimmen will. Wert und Art des Denkens und Rechnens sind daher für Naturforscher und Ingenieure notwendig verschieden: Der Naturforscher denkt und rechnet mit seinen Abstraktionen: die Rechnung versagt ihm nicht wie dem Ingenieur, der die vielen gleichzeitig zu erfüllenden Bedingungen nicht ändern kann, ohne die Rechnung zu entwerfen. Der Ingenieur wird ebenfalls versuchen, zu zerlegen, zu vereinfachen, wird Annahmen machen, aber nicht wie der Naturforscher, der ganz ausscheldet, was er im Augenblick nicht werten will. Der Ingenieur muss vielmehr vor jeder Vereinfachung erst prüfen, ob sie sachlich zulässig ist und wie sie der Wirklichkeit widerspricht. Das kann nicht der Physiker beurteilen, nicht der Theoretiker, nur der vielseitig Erfahrene.»

Auch von massgebenden Philosophen der Gegenwart, die sich um ein tieferes Verständnis der Technik bemühen, wird neuerdings die stereotype Gleichsetzung von Technik und an-

gewandter Naturwissenschaft als verhängnisvoller Irrtum angeprangert. So erklärte zum Beispiel der Existentialphilosoph *Martin Heidegger* im vergangenen November im Rahmen einer vielbeachteten Vortragsreihe der Bayerischen Akademie der Schönen Künste in München über «Die Künste im Technischen Zeitalter» das Wesen der Technik als menschliche Herausforderung an die Natur, die niemals nur als angewandte Naturwissenschaft verstanden werden kann.

Technik steht daher der Kunst viel näher als alle Wissenschaft. Kunst und Technik lassen sich auch sachlich und etymologisch aus einer gemeinsamen Wurzel herleiten. Allerdings beschränkte sich mit der Zeit die technische Gestaltung immer mehr auf die Sphäre der Alltagswirklichkeit, während in der Kunst dieser Bereich in Richtung auf eine irrealen oder surrealen Sphäre reiner Bildhaftigkeit überschritten wurde. So deutlich sich die Grenze in begrifflicher Beziehung festlegen lässt, so innig durchdringen und überschneiden sich aber doch heute noch Kunst und Technik in der menschlichen Wirklichkeit. In der Architektur tritt der enge Zusammenhang offensichtlich zutage, ebenso in den Stilformen des Maschinen- und Brückenbaues; aber auch in der modernen Malerei und Musik lässt er sich feststellen.

Heute interessiert uns nicht so sehr das Verhältnis von Kunst und Technik als vielmehr die Beziehung, die zwischen der naturwissenschaftlichen Erkenntnis und der Technik besteht. Für die These, dass sich die Technik gegenüber aller Naturwissenschaft als selbständiges Gebiet behauptet, sprechen drei Gruppen von Tatsachen:

Oft eilte die technische Konstruktion der naturwissenschaftlichen Erkenntnis weit voraus. So wurde beispielsweise das Fliegen mit Apparaten schwerer als Luft von naturwissenschaftlichen Autoritäten für unmöglich erklärt, als sich bereits die ersten Flugzeuge vom Erdboden in den Luftraum erhoben hatten. Ein bekannter Schweizer Physiker brandmarkte im Jahre 1945 alles Gerede über die Atombombe als baren Unsinn, wenige Wochen bevor die Vernichtung von Hiroshima die Welt erschreckte.

Häufig kamen technische Konstruktionen auf Grund falscher naturwissenschaftlicher Theorien zustande. James Watt zum Beispiel baute seine Dampfmaschine, wohl das umwälzendste technische Ereignis bis zur Erschliessung der Atomenergie, als Anhänger der Lehre vom Phlogiston (Wärmerstoff), der er selbst dann noch anhing, als sie bereits durch Lavoisier widerlegt worden war. Schliesslich kennt man auch zahlreiche Fälle, in denen Naturforschern, trotz richtiger theoretischer Erkenntnis, eine technische Anwendung ihrer Einsichten nicht gelingen wollte. Die verfehlten Springbrunnenkonstruktionen des grossen Mathematikers Leonhard Euler und die erfolglosen Versuche des französischen Physikers Clouet, Gusstahl zu erzeugen, mögen als Beispiele aus dem 18. Jahrhundert für viele andere genügen.

Nun haben allerdings im Laufe der letzten hundert Jahre die Ergebnisse der naturwissenschaftlichen Erkenntnis für die technische Gestaltung immer grössere Bedeutung gewonnen. So konnte die Atomenergie technisch erst erschlossen werden, nachdem die moderne Atomphysik die entsprechenden Fortschritte erzielt hatte. Aber selbst bei dieser Höchstleistung moderner Naturwissenschaft und Ingenieurtechnik handelt es sich nicht um blossen Anwendung von naturwissenschaftlichen Erkenntnissen. Mit Recht hat man darauf hingewiesen, dass ohne den hohen Stand der Reglertechnik die Konstruktion der Atombombe undenkbar gewesen wäre, vom Bau eines Atomkraftwerkes ganz zu schweigen. Ueberhaupt dürfen wir nicht vergessen, dass durch das Experiment von Anfang an ein technisches Element in die naturwissenschaftliche Erkenntnis eingedrungen war, das im Laufe der Zeit immer wichtiger wurde, so dass man die exakte Naturwissenschaft sogar eine «angewandte Technik» nennen könnte. In diesem Sinne verdienen die Ausführungen des heutigen amerikanischen Hochkommissars in Westdeutschland, *James B. Conant*, über das neue Weltbild der Naturwissenschaft in seinem Buch «Modern Science and Modern Man» (1952) unsere volle Aufmerksamkeit:

«Die Summe der experimentellen Funde im zwanzigsten Jahrhundert hat jenen Argumenten grosses Gewicht verliehen, denen zufolge wissenschaftliche Theorien als Methode anzusehen sind, und hat zumindest eine der Theorien, die für dogmatisch gehalten wurden, völlig entwertet. Eine Methode ist immer eine Anleitung zum Handeln, und von den verschiedenen gängigen Interpretationen der Bedeutung der Naturwissenschaften erscheinen mir jene am fruchtbarsten, die ihren dynamischen Charakter hervorheben. Ich weiss, dass es Philosophen gibt, die zwischen Wissen und Handeln eine scharfe Trennungslinie ziehen und die alles Philosophieren, das eine Verbindung zwischen der Suche nach der Wahrheit und der praktischen Anwendung anstrebt, scharf ablehnen. Für mich jedoch führt jede Analyse des Ueberprüfungsprozesses einer naturwissenschaftlichen Aussage unmittelbar zu einer Vielzahl weiterer Untersuchungen. Daher möchte ich die Naturwissenschaft als eine Reihe von untereinander verbundenen Begriffen und begrifflichen Entwürfen definieren, denen das Experiment zugrunde liegt und die für weitere Experimente und Beobachtungen fruchtbar sind.»

Entsprechend der verschiedenen Zielsetzung in Naturwissenschaft und Technik müssen wir zwei Arten der Formulierung naturgesetzlicher Zusammenhänge unterscheiden: die naturwissenschaftliche Funktionsgleichung und die technische Berechnungsformel. Während der Physiker alles daran setzt, eine möglichst allgemeine Formel zu finden, die den funktionalen Zusammenhang gemessener Grössen in einer Differentialgleichung festhält, begnügt sich der Ingenieur mit handlichen Formeln, die eine möglichst einfache rechnerische Kontrolle der technischen Konstruktionen gestatten. Er operiert dabei mit schematischen Modellvorstellungen, empirischen Tabellenwerten, Materialkonstanten und Sicherheitsfaktoren, die er selbst dann beibehält, wenn der verwickelte Zusammenhang physikalischer Wirkungen und Kräfte in viel umfassender Weise exakt formuliert werden kann. Als Beispiel kann die Berechnung des Fachwerkes einer Brücke dienen. Zunächst werden die statischen Kräfte unter der Voraussetzung ermittelt, dass die einzelnen Stäbe des Fachwerkes ein ebenes, lineares System von absoluter Starrheit bilden. Bei der Berechnung der einzelnen Querschnitte lässt man die beiden letzten Voraussetzungen fallen, indem man den einzelnen Stab nun als räumliches, elastisches Gebilde betrachtet, das eine gleichmässige Verteilung der Zug- oder Druckspannungen über den ganzen Querschnitt des Profils aufweist. Für die Ermittlung der zulässigen Beanspruchung dienen Tabellen, die für verschiedene Materialien, gestützt auf das sogenannte Hookesche Gesetz (*ut tensio sic vis*, die Dehnung ändert sich proportional mit der Spannung) errechnet worden sind. Dieses Gesetz gilt aber nur in erster Annäherung, nämlich nur bis zur Proportionalitätsgrenze, die unterhalb der Elastizitätsgrenze liegt. Es handelt sich also gar nicht um ein physikalisches Naturgesetz, das man mit dem Newtonschen Gravitationsgesetz vergleichen könnte, sondern lediglich um eine angenäherte Berechnungsformel, die praktischen Anforderungen genügt, solange die Spannungen unterhalb der Proportionalitätsgrenze bleiben. Aber auch schon der Begriff einer gleichmässig über den Profilquerschnitt verteilten Spannung, mit der der Statiker rechnet, erweist sich als eine Fiktion, indem sie ein mit der wirklichen Spannungsverteilung nicht übereinstimmendes Schema darstellt, das durch Koeffizienten der Formgebung und durch Sicherheitsfaktoren soweit korrigiert werden muss, dass es nicht zu unliebsamen Ueberraschungen oder gar Katastrophen bei der Abnahmeprüfung und im Betrieb kommen kann. Obwohl man heute genau weiss, dass eine Brücke nur ausnahmsweise wegen statischer Ueberlastung zusammenbricht, dass vielmehr dynamische Schwingungserscheinungen dafür verantwortlich gemacht werden müssen, behält man die klassische Berechnungsformel mit etwelchen Modifikationen bei, weil sie rechnerisch einfacher zu handhaben ist und mit entsprechenden Sicherheitsfaktoren den regulären Anforderungen der technischen Praxis genügt.

Nun noch einige Worte über ein Grundprinzip technischer Gestaltung im Maschinenbau. Die moderne Maschinen- und Apparatechnik hat sich aus der Werkzeugtechnik heraus entwickelt. Maschinen und Apparate unterscheiden sich aber wesentlich von Werkzeugen und Instrumenten. Während das Werkzeug und das Instrument ein Mittel in der Hand des Menschen bleibt, dessen Wirkung in fester Proportion zur

Arbeitsleistung des Menschen — oder der von ihm gezähmten Haustiere — steht, spielt der Mensch bei den Apparaten und Maschinen nur noch die Rolle einer auslösenden Ursache. Als Steuermann löst er Wirkungen aus und lenkt ihre Richtung, Grösse usw., ohne dabei selbst eine messbare Energie aufzuwenden, die ins Gewicht fällt. Die Arbeit, die der Mensch auf diesem Wege selbst leistet, beschränkt sich auf das Einschalten, Ausschalten und Regulieren der Wirkung, die er mit Hilfe von Maschinen und Apparaten erzielen will. Man kann daher geradezu von einem Prinzip technischer Kausalität sprechen und darunter ganz allgemein das eigenartige, in der Energiebilanz einer Maschine oder eines Apparates nicht in Erscheinung tretende Verhältnis von auslösender Ursache und hervorgebrachter Wirkung verstehen.

Der kürzlich verstorbene Chemiker *Alwin Mittasch*, bekannt als Mitarbeiter von Haber und Bosch bei der Luftstickstoffsynthese, untersuchte den Begriff der Kausalität in tiefdringenden naturphilosophischen Studien. Im Anschluss an Julius Robert Mayers Prinzip von der Erhaltung der Energie (1842) und einen Aufsatz «Ueber Auslösung» aus dem Jahre 1878 stellte er eine Theorie der Naturkausalität auf, die scharf zwischen wirkenden und auslösenden (katalytischen) Ursachen unterscheidet. Mittaschs Begriff der Auslösungskausalität kann als ein wertvoller Beitrag für eine allgemeine Wesensbestimmung der Technik dienen. Beruhen doch offenbar nicht nur viele chemischen Prozesse, sondern alle technischen Apparate und Maschinen, im Unterschied zu Werkzeugen und Geräten, auf diesem Prinzip, das bereits der Kinematiker Franz Reuleaux erkannt und mit dem Namen «Manganismus» (1884) bezeichnet hat, ohne dass Mittasch auf ihn Bezug nimmt.

Auch in der zeitgenössischen Philosophie wurde die Begriffsbestimmung der Auslösungskausalität in ihrer Bedeutung erkannt. *Friedrich Nietzsche* war von seinem Freunde Peter Gast auf Julius Robert Mayers Veröffentlichung aufmerksam gemacht worden und schrieb im Anschluss daran den 360. Aphorismus in seiner «Fröhlichen Wissenschaft» (1882): «Zwei Arten Ursache, die man verwechselt. — Das erscheint mir als einer meiner wesentlichsten Schritte und Fortschritte: ich lernte die Ursache des Handelns unterscheiden von der Ursache des So-und-So-Handelns, des In-dieser-Richtung-, Auf-dieses-Ziel-hin-Handelns. Die erste Ursache ist ein Quantum von aufgetauter Kraft, welches darauf wartet, irgendwie, irgendwozu verbraucht zu werden; die zweite Art ist dagegen etwas an dieser Kraft gemessen ganz Unbedeutendes, ein kleiner Zufall zumeist, gemäss dem jenes Quantum sich nunmehr auf eine und bestimmte Weise ‚auslöst‘: das Streichholz im Verhältnis zur Pulvertonne. Unter diese kleinen Zufälle und Streichhölzer rechne ich alle sogenannten ‚Zwecke‘, ebenso die noch viel sogenannten ‚Lebensberufe‘: sie sind relativ beliebig, willkürlich, fast gleichgültig im Verhältnis zu dem ungeheuren Quantum Kraft, welches darnach drängt, wie gesagt, irgendwie aufgebraucht zu werden. Man sieht es gemeinhin anders an: man ist gewohnt, gerade in dem Ziele (Zwecke, Berufe usw.) die treibende Kraft zu sehn, gemäss einem uralten Irrtume, — aber er ist nur die dirigierende Kraft, man hat dabei den Steuermann und den Dampf verwechselt.»

Der Atomphysiker *Pascual Jordan* baute auf dem Prinzip der Auslösung seine «Verstärkertheorie» der Organismen auf, um damit die mechanistische «Maschinentheorie» der Lebenserscheinungen in ihrer klassischen Form zu überwinden (1937). *Norbert Wiens* Erklärung des kalkulatorischen Denkens als einer Serie von «cybernetischen» Schaltprozessen im menschlichen Gehirn stellt eine theoretische und praktische Ausweitung des Auslösungsprinzips auf den Bereich geistig-seelischer Erscheinungen dar (1948).

Eine andere, praktisch wichtige Anwendung hat das Prinzip der Auslösungskausalität neuerdings im medizinisch-technischen Bereich bei der Konstruktion von Arm- und Beinprothesen gefunden. Schon im ersten Weltkrieg (1915) hatten Ferdinand Sauerbruch als Chirurg und Aurel Stodola als Ingenieur in Zürich gemeinsam die Aufgabe zu lösen versucht, bewegliche Gliedmassen zu konstruieren, die es den Kriegsverstümmelten erlauben sollten, wieder Arbeit zu leisten, wie sie es vor der Amputation zu tun gewohnt waren. Die menschliche Not des zweiten Weltkrieges verlieh diesen Gedanken,

«lebende Maschinenelemente» für Kriegsversehrte zu bauen, erneute Aktualität. *Edmund Wilms*, ein deutscher, seit einigen Jahren in Zürich wirkender Chirurg, griff die Idee seines Lehrers Sauerbruch auf und entwickelte sie in dem Sinne weiter, dass die nach der Amputation übriggebliebenen Muskelgruppen nicht mehr als Kraftquelle, sondern lediglich als Steuerungsorgane für die künstlichen Glieder Verwendung fanden. Dank der Fortschritte im Bau von elektrischen Akkumulatoren, Trockenelementen und Antriebsaggregaten kleinsten Abmessung ist es heute gelungen, nach dem Prinzip der technischen Auslösungskausalität, mit der «Wilms-Hand» für viele Amputierte einen brauchbaren Gliederersatz zu schaffen.

Neben dem Begriff der Auslösung spielt der Begriff des Wirkungsgrades in der modernen Technik eine immer grössere Rolle. Wir bezeichnen damit die feste Proportion zwischen technischer Wirkung und wirkender Ursache in einem endlichen geschlossenen System. Der Wirkungsgrad bleibt stets unter hundert Prozent, da bei allen Apparaten und Maschinen nicht nur die technisch beabsichtigte Wirkung, sondern auch noch Nebenwirkungen auftreten, die einen Arbeitsverlust bedeuten. Bei den Wärmekraftmaschinen liegt der Wirkungsgrad sogar theoretisch wesentlich tiefer als hundert Prozent. Den Gesetzen der Thermodynamik entsprechend erreicht er beim Dieselmotor bestenfalls rd. 40 Prozent und nähert sich damit der Verhältniszahl, die für den Wirkungsgrad der menschlichen und tierischen Muskelarbeit ermittelt wurde.

Dieser Vergleich führt uns zwanglos zur Betrachtung der Beziehungen zwischen technischer Gestaltung und Naturwirklichkeit hinüber. Schon im 19. Jahrhundert hat man von einer «natürlichen Technik» gesprochen und mit diesem Stichwort auf die erstaunlichen Analogien hingewiesen, die sich zwischen den organischen Formen im Tier- und Pflanzenreich und Konstruktionselementen der modernen Technik feststellen lassen. Besondere Berühmtheit erlangten die dem Prinzip äusserster Materialersparnis entsprechende Konstruktion der Bienenwaben, die der Spannungsverteilung angepasste Lagerung von Bastfasern und Rippen in Pflanzenstengeln und Blättern, die sinnreiche Anordnung der Knochenblättchen z. B. im Oberschenkelknochen des Menschen und die den geringsten Strömungswiderstand bietenden Verzweigungen im Blutgefässsystem. Dennoch dürfen wir unsere technischen Konstruktionen nicht einfach als Nachahmung oder Fortsetzung organischer Formbildung erklären, wie das eine missverständliche Anwendung der Entwicklungslehre von Charles Darwin auf kulturgeschichtliche Erscheinungen des menschlichen Lebens nahelegt. *Karl Marx* hat hier richtig gesehen, wenn er im «Kapital» (1867), am Anfang des Kapitels über Arbeitsprozess und Verwertungsprozess, sagt:

«Eine Spinne verrichtet Operationen, die denen des Webers ähneln, und eine Biene beschämt durch den Bau ihrer Wachsellen manchen menschlichen Baumeister. Was aber von vornherein den schlechtesten Baumeister vor der besten Biene auszeichnet, ist, dass er die Zelle in seinem Kopf gebaut hat, bevor er sie in Wachs baut. Am Ende des Arbeitsprozesses kommt ein Resultat heraus, das beim Beginn desselben schon in der Vorstellung des Arbeiters, also schon ideell vorhanden war. Nicht dass er nur eine Formänderung des Natürlichen bewirkt; er verwirklicht im Natürlichen zugleich seinen Zweck, den er weiss, der die Art und Weise seines Tuns als Gesetz bestimmt und dem er seinen Willen unterordnen muss.»

Von der Entwicklung kann bei technischen Konstruktionen nicht im selben Sinne die Rede sein wie im Bereich der Lebenserscheinungen, und zwar ganz unabhängig davon, wie man über die Ursachen der biologischen Formänderung im einzelnen denken möge. In der Technik herrscht zwar eine Entwicklungstendenz, ein Prinzip der Perfektion, das aber im Vergleich mit der organischen Evolution einen wesensverschiedenen Charakter aufweist. Technische Konstruktionen pflanzen sich nicht von selbst fort. Sie erhalten und entwickeln sich nur als Ergebnisse einer immer erneuten Aktivität von seiten des Menschen. Werkzeuge, Maschinen und Apparate nähern sich im Laufe der Zeit bestimmten Prototypen, über die hinaus eine weitere Entwicklung nicht möglich scheint. In vielen Fällen sind wir diesen Prototypen schon sehr nahe gekommen, zum Beispiel im Bau von Fahr- und Flugzeugen, von Kolben- und Strömungsmaschinen. Die Perfektion geht zwar ständig weiter, aber sie beschränkt sich von einem gewissen Entwicklungsstand an auf Formänderun-

gen, die hauptsächlich von wirtschaftlichen Erwägungen geleitet sind oder gar modischen Einflüssen ihr Entstehen verdanken. Solche Prototypen technischer Gestaltung weisen wohl in einzelnen Elementen gewisse Analogien mit organischen Formbildungen auf, im ganzen gesehen müssen wir sie aber als neue, unvergleichliche Möglichkeiten im Rahmen der Naturwirklichkeit betrachten. Der Gedanke, dass sich eine Dampfmaschine oder auch nur ein Fahrrad von selbst ohne Mitwirkung des Menschen, in der Natur entwickeln könnte, erscheint so absurd, dass man ihn ruhig als Unsinn bezeichnen darf.

Ohne Zweifel sind wir durch die Erschliessung der atomaren Energiequellen in eine neue Epoche technischer Gestaltung eingetreten. Ungeahnte Perspektiven positiver und negativer Art eröffnen sich. Der Mensch hat mit einem Schlage seine Wirkungsmöglichkeit in unerhörter Weise vervielfacht, zugleich aber auch Mittel in die Hand bekommen, die seine Existenz aufs schwerste bedrohen. Dieser Entwicklungsreihe läuft eine andere parallel, die mindestens so beachtenswert erscheint, obwohl sie vorläufig noch nicht so deutlich in die Augen springt: der Technik ist es gelungen, über die Sphäre der Naturwirklichkeit hinausgreifend, einen Bereich des menschlichen Geistes zu erschliessen, den man bisher für unzugänglich hielt.

Zwar hatten schon die Rechenmaschinen Operationen in die technische Konstruktion einbezogen, die im Grunde geistiger Natur waren. Immerhin sah man im Rechnen mit Zahlen doch nur eine untergeordnete Tätigkeit des menschlichen Geistes, über deren Mechanisierung und maschinelle Beherrschung man sich daher nicht weiter wundern zu müssen glaubte. Man vergass, oder hatte es überhaupt nie beachtet, dass am Anfang der Entwicklung, bei Pascal und Leibniz, metaphysische Ueberzeugungen allgemeiner Art den Anstoss zur Konstruktion von Rechenmaschinen gegeben hatten. Leibniz zum mindesten betrachtete seine Erfindung als ersten Schritt auf dem Wege zur Verwirklichung einer mechanischen *Characteristica universalis*, einer Denkmachine grössten Stils. Neuerdings nun ist man tatsächlich dazu übergegangen, nicht nur rechnerische Operationen elementarer Art maschinell ausführen zu lassen, sondern in die Sphäre des logischen Denkens selbst vorzustossen. Bereits existieren heute schon Geräte, in denen die logischen Operationen der Negation, Konjunktion, Disjunktion, Aequivalenz und Implikation spielend beherrscht werden und die für den logistischen Kalkül ungeahnte Anwendungsmöglichkeiten erschliessen. So scheint es durchaus möglich, einen selbständig funktionierenden Spielautomaten zu konstruieren, der einfachere Schachaufgaben fehlerfrei löst, und Geräte, die komplizierte Festigkeitsaufgaben von der Zerlegung der Kräfte bis zur Konstruktionszeichnung meistern, wobei lediglich die Ausgangswerte in den Automaten eingegeben werden müssen.

Die Auswirkung dieser technischen Logistik ist zurzeit noch nicht übersehbar, zum mindesten aber dürfte sie ebenso umwälzend sein wie die Erschliessung der Atomenergie. So erstaunlich die Tatsache als solche bleibt, auch in diesem Falle lässt sich das Grundprinzip technischer Konstruktion deutlich erkennen: Statt eine Leistung als Wirkung einer unmittelbar wirkenden Ursache selbst hervorzurufen, geht der Mensch dazu über, sie durch Bedienung eines Apparates mühelos auszulösen und zu steuern. Ein bedeutsamer Unterschied liegt allerdings darin, dass bei den logistischen Geräten keine Naturprozesse, sondern zum ersten Male Operationen maschinell durchgeführt werden, die man bisher als rein geistige dem technischen Zugriff für unzugänglich hielt.

Zwei Momente beherrschen die gegenwärtige Situation und die zukünftige Entwicklung der Technik:

1. die Erschliessung der Atomenergie im Atomkraftwerk und in der Atombombe;
2. das Eindringen in die geistige Sphäre des Menschen mit Hilfe logistischer Rechengерäte.

Wir stehen an einer epochalen Zeitenwende, bei der die Existenz des Menschen auf dem Spiele steht. Weder optimistische Heilerwartungen noch pessimistische Weltuntergangsprognosen sind heute am Platz. Einzig ein eindringlicher Appell an das Verantwortungsbewusstsein der Menschen, ein Aufruf zu Selbstbesinnung und Selbstkritik kann das Unheil bannen, das als Gefahr der Selbstüberhebung und des Grössenwahns in uns allen liegt.

Adresse des Verfassers: Prof. Dr. D. Brinkmann, Dunantstrasse 2, Zürich 44.