Zeitschrift: Schweizer Monatshefte : Zeitschrift für Politik, Wirtschaft, Kultur
Herausgeber: Gesellschaft Schweizer Monatshefte
Band: 37 (1957-1958)
Heft: 3

Artikel: Atomenergie und Atomzeitalter
Autor: Weizsäcker, Carl Friedrich v.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-160676

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: 11.07.2025

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

ATOMENERGIE UND ATOMZEITALTER

VON CARL FRIEDRICH v. WEIZSÄCKER

Das sogenannte Atomzeitalter ist zwar nur eine neue Phase des technischen Zeitalters, aber der Name des Atoms bezeichnet diese Phase wohl zu Recht. Die Physik der Atome wandelt in einem stetig fortschreitenden Prozeß unser denkerisches Verständnis der Welt, in der wir leben. Die friedliche Ausnützung der Atomenergie wird nach allem, was wir voraussehen können, in wenigen Jahrzehnten unser wirtschaftliches Leben umgestalten. Die kriegerische Verwendbarkeit der Atomenergie gehört heute schon zu den entscheidenden Randbedingungen unseres politischen Daseins.

Die Menschen empfangen das Atomzeitalter mit einer Mischung von sanguinischen Hoffnungen und panischer Angst. Blinde Hoffnung und blinde Angst sind aber die beiden Seelenregungen, die uns am leichtesten ins Verderben führen. Deshalb kommt viel darauf an, daß unsere Hoffnung und unsere Besorgnis sehend werden.

Das Nützlichste, was der Atomphysiker zum Prozeß des Sehendwerdens beisteuern kann, ist wahrscheinlich die nüchterne Information über Tatsachen und über vernünftige Erwartungen, soweit sie ihm heute zugänglich sind. In der Kürze eines Zeitschriftenaufsatzes kann eine umfassende Information nicht geboten werden. Vielleicht ist aber der Versuch sinnvoll, einen beurteilten Überblick über den Bereich der Atomenergie zu geben.

Wissenschaftliche Voraussetzungen

Man stellt sich unter der Atomphysik oft eine Wissenschaft vor, die seit einem halben Jahrhundert fieberhaft nach dem Schlüssel zu der im Atom verborgenen technischen Macht gesucht hätte, bis sie ihn schließlich in der Uranspaltung fand. Nichts kann falscher sein. Die Uranspaltung war eine ungesuchte, unerwartete, rein wissenschaftliche Entdeckung, deren mögliche technische Folgen die Physiker mit Überraschung erkannten. Bis 1939 hingen die Atomphysiker einer Forscherleidenschaft nach, von deren Funden, allen damaligen Kenntnissen nach, kein technischer Nutzen zu erwarten war; und selbst wenn man gelegentlich über die ferne Möglichkeit eines solchen Nutzens spekulierte, so war dieser Nutzen doch nicht das, was zum Forschen anspornte. Wahrscheinlich konnten nur Menschen dieser Geisteshaltung den Weg zur Atomenergie finden. Was schon in unseren Gesichtskreis getreten ist, das kann der Geist der Nützlichkeit, der Macht, der sorgenden Ver-

antwortung praktisch verwerten. Was aber niemand vorher geahnt hat, findet nicht das Auge, das auf ein Werkstück gebeugt ist, sondern das Auge, das in Muße den Horizont absucht.

Die griechische Atomphilosophie suchte das wahrhaft Seiende. Dieses muß, so glaubte man, unwandelbar sein, also auch unteilbar. Wir leben aber in einer Welt der Wandlungen; jeder Körper ist teilbar. Ist diese Welt ein Sinnentrug? Die Atomisten lehrten, das unwandelbare Seiende gebe es in Myriaden von Exemplaren, eben den Atomen. Die Wandelbarkeit der Körperwelt beruhe nur auf der Umlagerung der Atome. Damit die Atome sich bewegen können, muß es freilich auch das Leere geben, in dem sie sich bewegen, und dieses Leere erscheint nun als ein seiendes Nichts; seiend, denn es gibt es ja, Nichts, denn die Atome sollen das einzige wahrhaft Seiende sein. Die anschauliche Atomvorstellung der Antike bezahlt ihre große Erklärungskraft mit einer tiefliegenden Paradoxie, die den Philosophen von Aristoteles bis Kant nicht entgangen ist.

Die neuzeitliche Naturwissenschaft ging zunächst in glücklicher Naivität über diese Skrupel hinweg. Die Chemie postulierte (Dalton, 1808), jedes chemische Element bestehe aus gleichartigen Atomen. Die Physik unseres Jahrhunderts hat die Existenz dieser Atome empirisch bewiesen. Freilich wissen wir, daß der Name «Atom» für diese Teilchen voreilig war. Sie sind teilbar. Nach Rutherford (1911) besteht jedes chemische Atom aus einem schweren Kern und einer leichten Hülle. Moderne Atomphysik ist Lehre vom Aufbau der «Atome» aus kleineren Teilen.

Die Atombausteine nennt die heutige Physik «Elementarteilchen». Freilich vermuten wir, daß auch sie nicht «elementar» sind. Einige von ihnen lassen sich im Laboratorium ineinander umwandeln. Vielleicht sind sie nur verschiedene Zustände einer letzten physischen Realität, eines «Urteilchens» oder «Urfeldes». Was bedeutet, wenn das so ist, dann das Wort «physisch»? Diese Fragen, denen sich die Front der heutigen physikalischen Forschung nähert, haben aber mit der heutigen Atomtechnik nichts zu tun. Die Atomtechnik befaßt sich mit der Zerlegung von Atomkernen in kleinere Atomkerne, die selbst noch aus mehreren Elementarteilchen bestehen, oder umgekehrt mit dem Aufbau größerer Kerne aus kleineren. So lassen wir die Frage nach dem Wesen der Elementarteilchen hier beiseite.

Die Atomhülle besteht aus Elektronen, der Atomkern aus Protonen und Neutronen. Die Hülle eines Atoms hat einen Durchmesser von einem Zehnmillionstelmillimeter. Alle Elementarteilchen sind — soweit es Sinn hat, ihnen überhaupt Größe zuzuschreiben — noch etwa hunderttausendmal kleiner. Man kann sich also die Elektronen als winzige Körperchen vorstellen, die einen fast leeren Raum — die Atomhülle — durchschwirren. Bilder solcher «Elektronenbahnen» schmücken heute viele Publikationen über Atomenergie. Aber wir dürfen sie nur als anschauliches Gleichnis eines Sachverhalts verstehen, der unser für gröbere

Verhältnisse gemachtes Anschauungsvermögen übersteigt. Darüber nachher noch ein Wort.

Elektronen und Protonen haben eine Eigenschaft, die man elektrische Ladung nennt. Die Antwort auf die Frage, warum es dergleichen gibt, verliert sich für unseren Blick noch im Dunkel der Theorie der Elementarteilchen und des «Urfeldes». Die empirischen Tatsachen sind so: es gibt zweierlei Ladungen, die wir positiv und negativ nennen. Gleichnamige Ladungen stoßen sich ab, ungleichnamige ziehen sich an. Elektronen sind negativ geladen, Protonen positiv; Neutronen tragen keine Ladung, sie sind «neutral». Die Protonen des Kerns halten durch ihre elektrische Anziehung die Elektronen in der Hülle fest. Begegnen einander zwei Atome, so kann es zu einer Umlagerung in der Hülle kommen, so daß etwa nunmehr die Atome beisammen bleiben und einige Elektronen die beiden Kerne gemeinsam umkreisen. Diesen Vorgang nennt man chemische Bindung, das entstandene Doppelatom ein (zweiatomiges) Molekül.

Die Protonen des Kerns stoßen einander ab. Der Kern ist zehntausendmal kleiner als die Hülle; entsprechend stark ist die Abstoßung der dicht gepackten Protonen. Die Neutronen wirken als «Kitt». Sie üben auf Protonen eine sehr starke Kraft aus, die nur auf die kurzen Abstände innerhalb des Kerns wirksam ist. Diese «Kernkraft» ist die Quelle der Atomenergie. Sie setzt bei der Umwandlung eines Kerns eine Energie um, die rund eine millionmal größer ist als die chemische Energie, die in der Hülle des Atoms steckt.

Ehe wir die Kernumwandlungen betrachten, die technisch wichtig geworden sind, fragen wir, wieweit die heutige Atomphysik das Programm des alten, philosophischen Atomismus erfüllt hat.

Die einzelnen naturwissenschaftlichen Anwendungen der Atomvorstellung in Chemie, Wärmelehre (Wärme als Bewegung der Atome), Elektrizitätslehre (Elektronen) und eben in der heutigen Atomphysik selbst sind richtig; insofern ist Demokrit über alles Erwarten empirisch bestätigt. Aber in den alten Paradoxien des leeren Raums und in der ebenso tiefsinnigen Frage Kants: «sind die Teile des von einem Atom erfüllten Raums nicht von Teilen des Atoms erfüllt, die wir somit nur praktisch nicht voneinander trennen können?» — in diesen Fragen hat sich ein Widerspruch zwischen der anschaulichen Vorstellung der Atome als kleine Körperchen und der Forderung ihrer prinzipiellen Unteilbarkeit zunächst mehr spekulativ angedeutet. Dieser Widerspruch ist in unserer Physik in verblüffender Weise aufgelöst: gerade insofern atomare Teilchen unteilbar sind, kann man sie nicht als kleine Körperchen anschaulich beschreiben. Sie erscheinen im Experiment bald als Körper (Teilchen), bald als Felder (Wellen), und es hat sich gezeigt, daß gerade das Festhalten am Dualismus dieser Beschreibungsweisen die alten Paradoxien zu vermeiden gestattet (Bohrs Begriff der Komplementärität).

Die erkenntnistheoretischen und ontologischen Konsequenzen dieser Erkenntnis würden uns hier viel zu weit führen. Ein Gedanke ist aber auch im Blick auf die Technik von Interesse. Aus der alten Atomvorstellung war der Mensch als bewußte Person herausgefallen; die Lehre von «Seelenatomen» blieb ja eine nichts erklärende Redensart. Auch die heutige Atomphysik erklärt den Menschen nicht; das ist nicht ihre Aufgabe. Aber sie setzt ihn als wissendes und wollendes Wesen ausdrücklich voraus. Denn die Definition ihrer Begriffe bezieht sich stets auf mögliche Experimente, und gerade weil die experimentellen Phänomene (Teilchen, Welle) sich nicht zu einem Bild eines objektiv «an sich» im Raume vorhandenen Etwas vereinigen lassen, läßt sich dieser Bezug auf die Beobachtung nicht nachträglich eliminieren. Schon die Begrifflichkeit der Atomphysik lenkt also den Blick auf das menschliche Subjekt, das die Physik «macht». Der Spaltung der Welt in Subjekt und Objekt, dieser Basis fast allen neuzeitlichen Denkens, widerspricht sie im Ansatz. Sie ist somit weder «idealistisch» noch «realistisch» oder gar «materialistisch», sondern sie leugnet, daß dieser Gegensatz das von ihr gestellte Problem auch nur zu formulieren erlaube. Wie muß der Mensch sich selbst verstehen, der die Materie mit solchen Begriffen beschreibt? Zum mindesten darf er nicht hoffen, die Materie bis ins letzte zu verstehen, wenn er sich selbst nicht versteht.

Technische Tatsachen und Möglichkeiten

Atomenergie gewinnen kann man an den leichtesten und an den schwersten Atomkernen.

Die leichtesten Atomkerne sind die drei Sorten («Isotope») von Wasserstoff: das Proton, das Deuteron und das Triton. Das Proton ist der Kern des «leichten» Wasserstoffs; es ist ein Elementarteilchen. Das Deuteron ist aus einem Proton und einem Neutron zusammengesetzt, das Triton aus einem Proton und zwei Neutronen. Die beiden Sorten von «schwerem» Wasserstoff, die sie zu Kernen haben, nennt man Deuterium und Tritium. Wasser, das schweren Wasserstoff statt des viel häufigeren leichten enthält, heißt schweres Wasser. Das nächst schwerere Element ist Helium. Der häufigste Heliumkern (He^4 oder α-Teilchen genannt) enthält zwei Protonen und zwei Neutronen.

Im Innern der Sonne wandelt sich langsam der dort überwiegend häufige Wasserstoff in Helium um. Das ist also ein Aufbauprozeß (Fusion); die freiwerdende Bindungsenergie erscheint als die Wärme der Sonne. Die hohe Temperatur hält umgekehrt den Prozeß auch aufrecht. Zwei Wasserstoffkerne bleiben nur aneinanderhaften, wenn sie einander sehr nahekommen. Aber als gleichnamige Ladungen stoßen sie einander ab,

solange sie sich, aus größerem Abstand kommend, einander nähern. Sie müssen sehr schnell fliegen, um die Zone der Abstoßung zu überwinden. Diesen schnellen Flug liefert ihnen die hohe Temperatur des Sonneninnern. Man redet daher von thermonuklearen Reaktionen. Will man auf der Erde die Wasserstoffreaktionen technisch verwerten, so braucht man Temperaturen um 100 Millionen Grad (die unlängst veröffentlichte «kalte» Wasserstoffreaktion scheint keine großtechnische Anwendung zuzulassen).

Diese Möglichkeit war seit den dreißiger Jahren unseres Jahrhunderts bekannt, aber ihre Verwirklichung schien aussichtslos. Hahn und Straßmann entdeckten 1938 einen ganz anderen Prozeß an den schwersten Atomkernen, der die Ära der atomaren Technik eröffnete. Ein Neutron kann, so fanden sie, einen Urankern in zwei etwa gleiche Hälften spalten (Fission). Die schwersten Atomkerne sind gleichsam überentwickelt, «dekadent». Die vielen in ihnen angehäuften Protonen stoßen einander so stark ab, daß ein bloßes «Kitzeln» mit einem Neutron die Spannung entlädt.

Die Uranspaltung ist ein rein wissenschaftliches Faktum. Hahn und Straßmann taten, was jeder Wissenschaftler tut; sie publizierten ihre Entdeckung. Sie wurde alsbald auf der ganzen Erde nachgemacht. Mehrere Forscher, zuerst wohl Joliot in Paris, entdeckten rasch, daß außer den beiden großen Brocken noch einige freie Neutronen aus dem gespaltenen Kern entstehen. Nun war der Weg zur technischen Kettenreaktion frei. Das ungeladene Neutron wird nicht abgestoßen und kann auch mit geringer Fluggeschwindigkeit in den Kern eindringen. Der Kern gibt bei der Spaltung wieder Neutronen ab und das Spiel kann sich an anderen Kernen wiederholen.

Als die Wissenschaft soweit fortgeschritten war, brach der zweite Weltkrieg aus. Noch ehe die Atomtechnik verwirklicht war, war sie mit der Politik verflochten. In Deutschland war, wie sich im Krieg zeigte, die Möglichkeit, Atombomben zu bauen, nicht gegeben; so blieb den deutschen Physikern die Entscheidung, ob sie die Bomben machen sollten, erspart. Aber den amerikanischen und englischen Physikern blieb dies unbekannt. In der Sorge, Deutschland könne die Bomben entwickeln, drängten sie zur Herstellung der Bomben im eigenen Land. Die erste Bombe war fertig, als Deutschland schon geschlagen war; daß sie auf Japan geworfen wurde, war eine Entscheidung, die nicht mehr in der Hand der Physiker lag. —

Es gibt im wesentlichen zwei Weisen, Kernenergie zu gewinnen: in langsamem, kontrolliertem Tempo (Reaktoren) und auf einen Schlag (Bomben).

Der Uranreaktor besteht im allgemeinen aus geeignet verteilten Stücken Uran («Brennstoffelementen») und einer Bremssubstanz. Letztere braucht man, weil die Neutronen wirksamer sind, wenn sie langsam

an einem Urankern vorbeifliegen und damit Zeit haben, auf ihn einzuwirken, als wenn sie so schnell fliegen, wie sie bei der Spaltung ausgeschleudert wurden. Die Atomkerne der Bremssubstanz (schweres Wasser oder Graphit) verlangsamen durch Zusammenstöße den Flug der Neutronen.

Der Reaktor hat eine «kritische Größe». Ist ein Reaktor zu klein, so verlassen ihn zu viele Neutronen durch die Oberfläche und die Kettenreaktion reißt ab. Genau so erlischt ja ein einzelnes Stück brennender Kohle an der freien Luft; es muß in einem Haufen oder einem Ofen von anderen Kohlestücken umgeben sein. Deshalb kann man keine beliebig kleinen Reaktoren bauen und wird z. B. Autos, soweit wir sehen können, nie mit Uran antreiben.

Uran besteht aus zwei Sorten («Isotopen») U^{235} und U^{238}. Nur das erstere wird von Neutronen aller Energien gespalten und ist im Reaktor wirksam. Es ist aber in der Mischung, die wir als natürliches Uran im Bergwerk finden, 140mal seltener als U^{238}. Im Reaktor wandeln jedoch die Neutronen auch das U^{238} in ein leicht spaltbares Element um, das man Plutonium nennt. Das Ziel der Reaktortechnik ist, das allmählich abbrennende U^{235} vollständig durch das sich nachbildende Plutonium zu ersetzen und so mit der Zeit über die Zwischenstufe des Plutoniums auch das überwiegend häufige U^{238} als Energiequelle zu verwenden. Diesen Prozeß nennt man das «Brüten» des Plutoniums (in etymologisch besser als inhaltlich begründeter Übersetzung des englischen «breeding»). Aus einem anderen sehr schweren Element, Thorium, kann man ein ebenfalls spaltbares Uranisotop, U^{233}, erbrüten. Der Brutprozeß in wirtschaftlich brauchbarer Form ist aber noch nicht voll gemeistert.

Die bei den Spaltungen freiwerdende Energie tritt als Wärme in Erscheinung, mit der man Dampfmaschinen betreiben kann. Reaktoren, die diesen Zweck haben, nennt man Leistungsreaktoren. Daneben gibt es Forschungsreaktoren, deren Strahlung zu wissenschaftlichen Untersuchungen verwendet wird, es gibt Materialprüfreaktoren, in denen z. B. Brennstoffelemente geplanter Leistungsreaktoren auf eine Belastungsprobe durch Strahlung gestellt werden können, es gibt Reaktoren zur Erzeugung von Plutonium für Bomben.

Eines der größten Probleme beim Reaktorbau ist die entstehende radioaktive Strahlung. Die meisten «Spaltprodukte» (bei der Spaltung entstehende Restkerne) des Urans vollziehen nach Ablauf von Sekunden, Stunden oder Jahren noch spontane Umwandlungen, bei denen Strahlen ausgesandt werden, die lebendes Gewebe schädigen können. Von diesen Auswirkungen wird im dritten Abschnitt noch die Rede sein. —

Atombomben im engeren Sinne (A-Bomben im Gegensatz zu den alsbald zu besprechenden H-Bomben) bestehen aus reinem U^{235} oder reinem Plutonium. Auch sie haben eine kritische Größe. Ein Stück $Uran^{235}$, das kleiner ist als die kritische Größe (die nur etwa die Größe einer mensch-

lichen Faust ist), ist völlig harmlos. Vereinigt man aber etwa zwei Halbkugeln aus U^{235}, deren jede kleiner ist als die kritische Größe, zu einer Kugel von überkritischer Größe, so läuft in dieser Kugel sofort die lawinenartig anschwellende Kettenreaktion ab; in kleinsten Bruchteilen einer Sekunde ist ein großer Teil des Urans umgesetzt, die Spaltenergie frei; die Bombe ist explodiert. Man muß daher die beiden Halbkugeln ebenfalls in kleinsten Bruchteilen einer Sekunde zusammenbringen. Man schießt sie zu diesem Zweck aufeinander, und die Apparatur dafür ist der umfangreichste Bestandteil der Atombombe.

Man sieht hieraus, daß es eine Mindestgröße möglicher Atomwaffen gibt. Auch die heute oft zitierten taktischen Atomwaffen sind einfach Atomwaffen für den taktischen Einsatz, aber ihre Sprengwirkung wird nicht wesentlich hinter der Hiroshima-Bombe zurückbleiben. Ihre Gesamtwirkung wird viel größer sein als in Hiroshima, denn heute sind sie in großer Zahl vorhanden.

Während die A-Bombe auch nicht beliebig groß hergestellt werden kann, gibt es keine grundsätzliche obere Grenze für die Größe der Wasserstoffbombe (H-Bombe, nach H = Hydrogenium = Wasserstoff). Die Schwierigkeit, Temperaturen von rund 100 Millionen Grad auf der Erde herzustellen, ist durch die A-Bomben überwunden worden. In ihnen treten im ersten Augenblick der Explosion so hohe Wärmegrade auf. Nun benutzt man eine gewöhnliche A-Bombe als das «Streichholz», mit dem man eine beliebige Menge von schwerem Wasserstoff «anzünden» kann. Entspricht die Wirkung einer gewöhnlichen Atombombe 20 000 Tonnen gewöhnlichen Sprengstoffs, so gibt es Wasserstoffbomben, die in der Sprengwirkung 1000 gewöhnlichen Atombomben gleichkommen. Umgibt man nun noch eine solche Bombe mit einem Uranmantel, in dem die bei der Wasserstoffexplosion freiwerdenden Neutronen zahllose Spaltprodukte erzeugen, so kann die entstehende Radioaktivität einer einzigen Bombe, vom Wind weitergetragen, alles Leben in einem Land von der Größe der Schweiz ernstlich bedrohen.

Die größte Hoffnung der friedlichen Atomtechnik unserer Tage ist es, die Wasserstoffenergie auch in geregelter, langsamer Reaktion freizumachen. Manche Experten schätzen, es könnten noch 20 Jahre bis zum Erfolg dieser Bemühungen vergehen, doch scheint das Ziel erreichbar. Damit wäre dann wenigstens im Kraftwerksbereich das Energieproblem der Menschheit gelöst, denn schwerer Wasserstoff, den man hierzu verwenden müßte, ist in allem Wasser, also praktisch unbegrenzt, vorhanden. Im übrigen hofft man, bei diesen Reaktionen auch die Menge des radioaktiven Abfalls, verglichen mit dem der Uranreaktoren, gering halten zu können.

Folgen für das menschliche Leben

Neben den wirtschaftlichen Wirkungen, um derentwillen die friedliche Atomtechnik entwickelt wird, haben wir die unerwünschten biologischen Nebenwirkungen zu betrachten. Ferner können wir die politischen Wirkungen der Atombombe nicht aus unserer Betrachtung ausschließen. Schließlich werfen wir einen Blick auf den Lebensstil des ganzen Zeitalters, für das diese Wirkungen kennzeichnend sind.

Bei allen drei soeben genannten Wirkungen darf man wohl auf die kurze Sicht der nächsten Jahre die Hoffnungen und die Ängste dämpfen. Auch im Atomzeitalter mahlen Gottes Mühlen langsam. Aber es sind Gottes Mühlen. Auf die lange Sicht wird man die Folgen kaum groß genug einschätzen können. Im biologischen und auch im wirtschaftlichen Bereich besteht Grund zu der Hoffnung, die Menschheit werde die Wirkungen bei sorgfältigem und strengem Verfahren unter Kontrolle halten können. Das politische Problem erscheint mir als das unüberschaubarste und wird vielleicht ganz Ungewöhnliches von den Menschen verlangen.

Wirtschaftlich hat die Menschheit wohl gar keine andere Wahl, als die Atomenergie zu entwickeln. Sonst müßte sie zu einer Dezimierung der Menschenzahl bereit und fähig sein. Der Energiebedarf der Menschheit wächst noch rascher als die Menschenzahl, denn die stets wachsende Menschenmenge kann nur durch immer intensivere Wirtschaft, also durch Industrialisierung ernährt werden. Der Kohlepreis wird unweigerlich steigen und die Kohlevorräte der Erde würden sich bei dem vorherzusehenden Bedarf in einer Zeit erschöpfen, die ebensowohl kleiner wie größer als ein Jahrhundert sein kann. Europa produziert schon heute nicht genug Kohle für seinen eigenen Bedarf, und diese Lücke vergrößert sich nach Schätzungen von Sachverständigen von 23% der Produktion im Jahre 1955 auf 33% im Jahr 1965 selbst bei erheblichem Anwachsen der Förderung und entsprechend weiter. In Gestalt von Uran und Thorium ist mehr als 10mal soviel Energie für uns greifbar gespeichert als in Gestalt von Kohle. Daß das Verhältnis nicht noch viel größer ist, kommt nur daher, daß Uran und Thorium seltene Elemente sind, Kohlenstoff aber ein häufiges. Uran mag in zwei bis drei Jahrzehnten der Kohle die Führung abnehmen und dann ein bis zwei Jahrhunderte überbrücken; und daß bis dahin der Wasserstoff eingesprungen sein wird, ist anzunehmen.

Man spricht mit gutem Grund von einer zweiten industriellen Revolution. In ihr wird freilich noch wichtiger als die neuen Energiequellen die Automatisierung und allgemein die Planbarkeit des technischen und wirtschaftlichen Geschehens sein. Die Regeltechnik berechnet vorweg die Folgen regelnder Eingriffe in das Geschehen und variiert die Eingriffe automatisch je nach den ebenfalls automatisch registrierten Schwankungen des Ablaufs um die vorweg geplante mittlere Linie. Dies

gilt heute schon vielfach von der einzelnen Maschine. Die Atomreaktoren wären ohne Regeltechnik unmöglich. Analoges wird aber in wachsendem Maß von der Manipulierung des Wirtschaftsablaufs im ganzen gelten. In dem Maß, in dem man den Wirtschaftsablauf mit Begriffen, die denen der Regeltechnik analog sind, wird quantitativ beschreiben und vorhersagen können, wird der klassische Gegensatz von freier und geplanter Wirtschaft an Bedeutung verlieren. Man kann dann, so wird sich der Wirtschaftsplaner ausdrücken, dem einzelnen Menschen gerade darum in gewissen Grenzen die für seine Initiative so förderliche Freiheit lassen, weil man ihn als Komponente einer großen Statistik so sicher unter Kontrolle hat.

Wird aber nicht der Atomabfall durch radioaktive Schädigung des Lebens den erhofften Nutzen überkompensieren? Während mir die verbreitete Meinung, die Atombombenversuche hätten das Wetter beeinflußt, keinen Grund in den Tatsachen zu haben scheint, wird man diese biologischen Auswirkungen auch in der friedlichen Atomtechnik in der Tat sehr sorgfältig überwachen müssen. Größere Dosen radioaktiver Strahlung können nachweislich Krebs und Leukämie hervorrufen, schon von kleineren Dosen ist auf lange Sicht eine Steigerung der Anzahl der Erbkrankheiten (durch strahleninduzierte Genmutationen) zu erwarten. Doch muß man auch hier die Grenzen sehen. Vorerst ist die Gefährdung durch diese Wirkungen nach allem, was wir wissen, viel geringer als die, denen wir uns im Straßenverkehr tagtäglich aussetzen; und die vorerst weitaus größte Menge bedenklicher Strahlung empfangen wir durch die Röntgendiagnostik, auf welche die Medizin, auch wenn Vorsicht angeraten ist, doch nicht ganz verzichten kann. Auf die lange Sicht freilich kann uns nur eine sehr strenge Strahlenschutzgesetzgebung helfen. Wenn man soviel Mühe anwendet, den Atomabfall wieder zu vergraben, wie man vorher aufgewandt hat, das Uran aus der Erde zu holen, so wird man die Menschheit wohl zur Genüge sichern können. Nur der Preis der Atomenergie kann durch diese notwendigen Maßnahmen fühlbar steigen.

Die politischen Wirkungen der Atomwaffen kann wohl noch kein Mensch übersehen. Zum erstenmal in der Weltgeschichte sind wir im Besitz von Waffen, die anzuwenden wir uns fürchten müssen, nicht aus Humanität, sondern aus Selbsterhaltungstrieb. Es sieht so aus, als werde das voll entwickelte Atomzeitalter mit dem voll entwickelten Krieg unvereinbar sein. Sollte es der Menschheit möglich werden, den Krieg als Institution zu überwinden? Welche Art der politischen Ordnung würde uns das aufzwingen? Und führt ein gangbarer Weg vom heutigen Zustand der Welt zu einer dauerhaften Friedensordnung? Auf die kurze Sicht wird die Wasserstoffbombe wohl einen dritten Weltkrieg verhindern. Auf die lange Sicht erscheint mir der Ausblick trübe, wenn nicht der politische Zustand der Welt sich grundlegend verändert. Die Hoff-

nung, die großen Waffen würden zwar in den Händen der Großmächte bleiben, aber ein großer Krieg werde eben durch ihre Gefährlichkeit für immer verhindert, kommt mir nicht begründeter vor als die Ansicht, man könne im Roulette-Spiel auf die Dauer gewinnen. Das Verhalten der Völker und ihrer Staatsmänner seit der Konstruktion der Wasserstoffbombe bietet das Bild der Ratlosigkeit. Wer die politischen Folgen dieser technischen Entwicklung durchzudenken vermöchte, würde der Welt einen großen Dienst erweisen. Vielleicht erweisen ihr auch die Menschen einen bescheidenen Dienst, die, ohne zu wissen, wohin sie dieser Weg führt, für ihre Person die Beteiligung an allem, was mit den neuen Waffen zu tun hat, verweigern.

Diese Weigerung ist wahrscheinlich eine sehr primitive Weise, eine Eigenschaft zu üben, die der Mensch des Atomzeitalters wird besitzen müssen, wenn er der Herr und nicht der zum Untergang verurteilte Sklave dieses Zeitalters sein will: die Distanz zum Apparat. Es gehörte zu den kindlichen Zügen des frühen technischen Zeitalters, daß man alles, was man machen konnte, auch machte. Auf der Höhe des technischen Zeitalters, der wir heute zum mindesten schon etwas näher sind, wäre das selbstmörderisch. Das gilt nicht nur von Waffen. Der Mensch, der keine Zeit mehr hat, weil er ständig die Verkehrsmittel und das Telefon benutzt, Mittel die zum Zeitsparen erfunden waren; der Mensch, der das Radio ständig laufen läßt, weil es ja da steht; dieser Mensch ist für das technische Zeitalter nicht reif. Die Spannung zwischen Planung und Menschlichkeit, die sich im Blick auf unsere wirtschaftliche Zukunft ahnen ließ, durchzieht dieses ganze Zeitalter. Da Planung lebensnotwendig wird, muß auch der Mensch Objekt der Planung werden. Wenn vergessen wird, daß die Planung gleichwohl um des Menschen willen geschieht, wird er sich selbst zu Tode planen.

Man darf annehmen, daß die Anstrengung, uns technisch zu perfektionieren, immer weiter gemacht werden wird. Sie hat zwar die Trägheit und das begreifliche Mißtrauen gegen die Technik zu überwinden, aber zu viele Menschen erkennen, daß sie nötig ist. Daß die Anstrengung, wach zu werden für die Wirkungen des Apparats auf den Menschen, wenigstens ebenso nötig ist, ist noch nicht ebenso allgemein bewußt. Sie ist daher wohl heute die noch wichtigere.