

Wissenschaftlicher Fortschritt und Verantwortung für die Zukunft

Theodor Mommsen schreibt im ersten Band seiner „Römischen Geschichte“: „Die Kunst des Messens unterwirft dem Menschen die Welt; durch die Kunst des Schreibens hört seine Erkenntnis auf, so vergänglich zu sein, wie er selbst ist; sie beide geben dem Menschen, was die Natur ihm versagte, Allmacht und Ewigkeit.“ Mit der Kunst des Messens bezeichnet Mommsen die Quelle naturwissenschaftlich-technischer Erkenntnis, die im 19. Jahrhundert ihre Macht allen Zeitgenossen so eindrucksvoll zu erweisen begann, daß der Historiker angesichts der Fortschrittserwartungen seiner Zeit von einer dem Menschen verliehenen Allmacht glaubte sprechen zu können.

Hundert Jahre später ist dieser Fortschritts Glaube einer Skepsis gewichen, die das Ende des technisch-naturwissenschaftlichen Zeitalters beschwört, weil deutlich geworden ist, daß technischer Fortschritt allein keinen Sinn stiften und keine Werte setzen kann, sondern daß er, um dem Menschen zu nützen, gelenkt werden muß aus Verantwortung vor Instanzen, die außerhalb der Sphäre von Naturwissenschaft und Technik angesiedelt sind. Was immer nun diese Instanzen sein mögen – ein Schöpfergott, dessen Werk der kreative Mensch vollenden hilft, ein Klassenbewußtsein, das das Ziel dialektisch-materialistischer Geschichtsentwicklung nie aus dem Auge verliert, ein Humanismus, der im Menschen das Maß aller Dinge sieht –, die Verminderung menschlichen Leidens, die Erweiterung menschlicher Freiheit und die Weitergabe des Lebens in seinem Reichtum und seiner Fülle sind Aufgaben, die im Prinzip alle Menschen, unabhängig von ihrem Verantwortungsbezug, dem Fortschritt zuweisen. Kann der Fortschritt, wie wir ihn bisher verstanden haben, diesen Erwartungen der Menschen gerecht werden?

Struktur und Dynamik des wissenschaftlichen und technischen Fortschritts

Der wissenschaftliche und technische Fortschritt spielt sich auf *drei Ebenen* ab. Auf der ersten Ebene erkennt die reine Wissenschaft die Naturgesetze. Auf der zweiten Ebene entwickelt die Technik unter Ausnutzung der Naturgesetze die Instrumente der Naturbeherrschung. Auf der dritten Ebene werden durch politische und wirtschaftliche Entscheidungen die technischen Apparate zur Dienstbarmachung der Naturkräfte und zur Veränderung der Natur eingesetzt. Die drei

Fortschrittsebenen sind untereinander verbunden und beeinflussen sich gegenseitig. Fortschrittsimpulse können von jeder der drei Ebenen ausgehen. Folgende Überlegungen mögen das verdeutlichen.

1. Ein nur auf Vermehrung der Erkenntnis (und seines wissenschaftlichen Prestiges) bedachter Gelehrter entdeckt ein neues Naturgesetz. Aufgrund dieses Gesetzes wird eine Maschine konstruiert, die sowohl zu Forschungszwecken als auch ökonomisch nutzbringend und militärisch wirkungsvoll eingesetzt werden kann.

So formulierte Newton das Prinzip von der Erhaltung des Impulses eines ohne Einwirkung äußerer Kräfte sich bewegenden Körpers. Daraus ergibt sich das Rückstoßprinzip, das den Raketenmotor antreibt. Techniker wie Wernher von Braun entwickelten Großraketen, die auf Beschluß amerikanischer Präsidenten oder sowjetischer Politbüros zur Erforschung und Eroberung des Weltraums und als Träger atomarer Massenvernichtungswaffen verwendet werden.

2. Der Fortschritt kann einen neuen Anstoß auch dadurch erhalten, daß ein Techniker oder ein Erfinder an Apparaten herumbastelt und schließlich durch eine neuartige Kombination verschiedener, bereits bekannter technischer Elemente eine Maschine entwickelt, die weitreichende ökonomische Folgen hat und deren Wirkungsweise erst im nachhinein von der reinen Wissenschaft analysiert und verstanden wird.

So baute James Watt in der Mitte des 18. Jahrhunderts die Dampfmaschine. Sie war das erste Instrument, das den Einsatz der in den fossilen Brennstoffen gespeicherten Energie in hochkonzentrierter Form zur Produktion materieller Güter aus Rohstoffen ermöglichte. Nunmehr konnte die Materie mit einer energetischen Intensität bearbeitet werden, die die über menschliche und tierische Muskeln wirkende Energie um ein Vieltausendfaches übertraf. Damit begann die industrielle Revolution, die das Antlitz der Erde stärker verändert hat als irgendeine andere menschliche Unternehmung. Zum Verständnis der in Wärmekraftmaschinen ablaufenden Prozesse wurde die Thermodynamik entwickelt, die heute ein weit entfaltetes Teilgebiet der theoretischen Physik und eine eigenständige technische Wissenschaft ist.

3. Fortschrittsanreize gehen auch von der politisch-wirtschaftlichen Ebene aus, wenn sich die Gesellschaft ein technologisches Ziel setzt und die Mittel dafür bereitstellt.

So gab der Auftrag des amerikanischen Präsidenten Kennedy im Jahre 1961, innerhalb von zehn Jahren einen Amerikaner auf dem Mond zu landen, der Weltraumtechnologie einen mächtigen Entwicklungsschub; die mit der bemannten und unbemannten Raumfahrt verbundene Weltraumforschung hat der reinen Wissenschaft viele neue Erkenntnisse gebracht, unter anderem über die chemische Zusammensetzung des Mond- und Marsgesteins, den Vulkanismus auf den Jupitermonden, das Strahlungsfeld in der Umgebung der Erde usw. Zur Steuerung

der vielfältigen komplexen Funktionsabläufe in den hochautomatisierten Raumschiffen wurde die Leistungsfähigkeit elektronischer Informationsverarbeiter wesentlich verbessert und wirkt sich heute in vielen Wirtschafts- und Lebensbereichen aus.

Politisch-ökonomische Entscheidungen haben noch auf eine zweite Weise einen ganz wesentlichen Einfluß auf die Grundlagenforschung der reinen Wissenschaft. Sie bestimmen per Finanzmittelzuweisungen aus den öffentlichen Kassen, auf welchen Wissenschaftsgebieten angesichts der steigenden Forschungskosten überhaupt noch Fortschritte erzielt werden können.

Die Beschleunigungsmaschinen und Speicherringe für Elektronen und Positronen, DORIS und PETRA bei DESY in Hamburg, mit deren Hilfe die Elementarteilchenphysiker herausfinden wollen, was die Welt im Innersten zusammenhält, erfordern zu ihrem Betrieb (Experimente, Personalkosten, Wartung etc.) etwa 140 Millionen Mark pro Jahr. Es gibt nur wenige Orte auf der Welt, die derartige Forschungsmöglichkeiten bieten, und wer keinen Zugang zu ihnen hat, dem bleibt das Forschungsgebiet der Elementarteilchenphysik verschlossen; und das Geld, das in der Bundesrepublik für DESY ausgegeben wird, fehlt anderswo für die Finanzierung anderer Forschungsvorhaben.

Auf dem Techniksektor stehen wir in der Bundesrepublik Deutschland jetzt vor der Entscheidung, ob der Prototyp eines Schnellen Brütters in Kalkar mit der Investition mehrerer Milliarden Mark vollendet werden soll und damit die Erforschung einer potentiell fast unerschöpflichen Energiequelle fortgesetzt wird, oder ob man die Mittel zur Weiterentwicklung des Hochtemperaturreaktors, der den umweltfreundlichsten Reaktortyp darstellt, verwenden soll. Schließlich wird oft das Argument vorgebracht, daß alternative Energiequellen zu wenig erforscht werden können, weil die politische Entscheidung für die Kernenergie alle Finanzmittel in diesen Bereich gelenkt hat.

Immer seltener kann der Wissenschaftler völlig autonom darüber entscheiden, auf welchem Gebiet er nach Erkenntnis streben will. Immer stärker hängt er über den „nervus rerum“ von den Institutionen der Forschungsfinanzierung ab. Auf den Wissenschaftlern und Offiziellen, die in diesen Institutionen die Entscheidungen darüber treffen, welche Forschungsgebiete finanziell gefördert werden sollen, ruht ein hohes Maß an Verantwortung für den wissenschaftlichen und technischen Fortschritt in unserem Land.

Die Verantwortung des Wissenschaftlers

Hat ein Wissenschaftler das Problem seiner Forschungsfinanzierung gelöst, so ist er *auf der Ebene der reinen Wissenschaft* nur noch der Wahrheit verpflichtet. „Wahrheit“ im naturwissenschaftlichen Sinn bedeutet: Die Ergebnisse müssen in

sich widerspruchsfrei, reproduzierbar und durch Meßprozesse verifizierbar sein. Das so ausgerichtete Erkenntnisstreben ist autonom und muß es bleiben. Forderungen, nur solche Grundlagenforschung zu treiben, die gesellschaftlich nützlich ist und deren in Technik umgesetzte Ergebnisse nur dem Leben dienen und ihm nie schaden können, sind falsch und für die Entfaltung wissenschaftlicher Kreativität gefährlich. Die Gründe dafür sind folgende:

1. Forschungsergebnisse erweisen sich oft auf unvorhersehbare Weise als nützlich. Röntgen entdeckte in Würzburg die nach ihm benannten Strahlen beim Herumexperimentieren mit dem Kathodenstrahlrohr. Das Penicillin wurde gefunden, als Schimmelpilze eine Bakterienkultur verdarben. Viele weitere Beispiele könnten genannt werden.

2. Wenn die Zeit reif ist für eine Erkenntnis, wird sie gemacht. Hätten Otto Hahn und Fritz Straßmann bei der chemischen Analyse der Zerfallsprodukte von Uran innegehalten, als sie bemerkten, daß sie die Kernspaltung entdeckt hatten, hätten sie innegehalten, weil sie erkannten, daß sie die Voraussetzung für den Bau der Atombombe geklärt hatten, dann hätte früher oder später jemand anderes die Zerfallsprodukte richtig gedeutet, denn viele Forschergruppen beschäftigten sich in den 30er Jahren mit dem Problem, was aus Uran nach Neutronenbeschuß entsteht. Und eine andere Lise Meitner für die theoretische Durchdringung des Experiments und die Erkenntnis der gewaltigen freisetzbaren Energien hätte sich irgendwann irgendwo auch gefunden.

3. Die Dialektik des Fortschritts birgt in sich die Ambivalenz der wissenschaftlichen Ergebnisse. Kernspaltung und Kernfusion sind nicht nur zum Bau von Bomben zu gebrauchen, sondern auch zur Energieerzeugung. (Brokdorf-Gegner werden hier zwar sagen: „Das zweite ist so schlimm wie das erste, und Kernenergie ist auf jeden Fall des Teufels“, doch gibt es sehr gute Gründe für gegenteilige Ansichten.)

Ich halte es für ethisch vertretbar, auf der Ebene der reinen Wissenschaft Forschungen voranzutreiben, deren technische Umsetzung je nach politisch-ökonomischer Entscheidung den Menschen zum Nutzen oder zum Schaden gereichen kann. Mit zwei Einschränkungen muß diese Aussage allerdings versehen werden. Erstens gilt sie nicht für genetische Manipulationen. Hierbei können sich Forschungsergebnisse der reinen Wissenschaft ohne ein Zutun von Technik und Politik verselbständigen, weil einmal gezeugtes Leben die Fähigkeit zu Vermehrung und Ausbreitung in sich trägt. Erzeugt man z. B. einen neuen Virus oder eine neue Bakterie und entkommen diese per Zufall aus dem Labor und treffen im Menschen oder in anderen Lebewesen auf keine Antikörper, so können weltweite Seuchen die Folge eines einzigen genetischen Experiments sein. Auch die Züchtung neuer Arten kann problematisch sein, wie das Beispiel der in Brasilien durch Kreuzung geschaffenen neuen Rasse aggressiver Bienen zeigt, die infolge eines Versehens aus der Zuchtanstalt entfliegen konnten und sich jetzt als Mörderbienen

von Süden nach Norden über den lateinamerikanischen Kontinent ausbreiten. Wegen der allseits bekannten und anerkannten Gefahren genetischer Experimente existiert dafür zumindest in den USA ein sehr strenger berufsethischer Kodex, gegen den zu verstoßen Berufsverbot zur Folge haben kann.

Die zweite Einschränkung ist wegen unseres beschränkten Erkenntnisvermögens nur von geringer praktischer Bedeutung: Könnte ein Wissenschaftler die Machthaber des Staates, in dem er lebt, so klar als die Feinde aller Humanität erkennen, wie wir das heute von Hitler, Himmler, Bormann und ihresgleichen zu tun gezwungen sind, und machte dieser Wissenschaftler eine Entdeckung, deren technische Umsetzung gewaltige militärische Macht verleihe, so sollte er still sein und sich so schnell wie möglich ins Ausland absetzen. Aber wer durchschaut die Mächtigen, solange sie die Macht in Händen halten? Albert Speer legt in seinen „Erinnerungen“ und „Spandauer Tagebüchern“ beredtes Zeugnis davon ab, wie sehr ein Mensch geblendet werden kann durch die Möglichkeiten zur Ideen- und Selbstverwirklichung, so daß er das wahre Antlitz des Regimes, dem er dient, nicht oder erst zu spät erkennt.

Ist ein Wissenschaftler *auf der Ebene der Technik* tätig im Dienst der technischen Verwertung, der ökonomischen oder militärischen Anwendung wissenschaftlicher Erkenntnisse, dann nimmt er durch die Konkretisierung, Materialisierung des technischen und wissenschaftlichen Fortschritts mehr oder weniger unmittelbaren Einfluß auf das Leben seiner Mitmenschen. Damit wächst seine Verantwortung für sein Tun, auch wenn er häufig nur Aufträge ausführt, die ihm von der Ebene der politisch-ökonomischen Entscheidungen her erteilt werden. Seine größte Verantwortung liegt in der Regel allerdings darin, sorgfältig und gewissenhaft die technischen Produkte mit dem Zuverlässigkeitsgrad und unter Beachtung der Sicherheitsanforderungen zu erstellen, die die Mitglieder unserer Gesellschaft erwarten können. Ein Ingenieur, der seine gesellschaftliche Rolle tieferschürfend reflektiert und hinterfragt und eine Brücke so nachlässig berechnet, daß sie beim Passieren des ersten Personenzugs zusammenbricht, hat seine Verantwortung in der technischen Welt sicher nicht richtig verstanden. Saubere, gediegene Professionalität erfordert ein hohes Maß an Selbstzucht und Selbstverleugnung. Sie täglich neu zu erbringen, ist die erste und vornehmste Verantwortung des technischen Wissenschaftlers.

Daneben aber stellt sich heute die Frage, wie wir die von der Technik entwickelten Instrumente der Naturbeherrschung gebrauchen müssen, damit sie dem Wohl der Menschen auch in Zukunft dienen. Die ganze Problematik der Militärtechnik soll dabei ausgeklammert werden; ihrer hat sich die Friedensdiskussion angenommen. Hier geht es darum, daß die in der Vergangenheit so überaus erfolgreichen technisch-ökonomischen Maßnahmen, die uns Bürgern der westlichen Industrieländer für die Gegenwart ein in materieller Hinsicht Goldenes Zeitalter beschert haben, beim Versuch, sie unverändert in die Zukunft zu

übertragen, unseren Kindern und Enkeln zum Verhängnis werden können. Verantwortung für die Zukunft verlangt die Abschätzung der Folgen des technischen Fortschritts. Einige Grundtatsachen, die dabei zu beachten sind, wollen wir im weiteren betrachten.

Wachstumsprobleme und Zukunftserwartungen

Die Medizin scheint wie keine andere Wissenschaft einem der vornehmsten Ziele des Fortschritts, der Verminderung menschlichen Leidens, zu dienen. Durch Schutzimpfungen und Antibiotika konnte sie weltweit die Kindersterblichkeit drastisch senken und den Tod der Mütter im Kindbett bannen. Aufblühendes Familienglück wird nicht mehr jäh zerstört. Doch gerade mit diesem Erfolg hat die Medizin das drückendste Zukunftsproblem der Menschheit verursacht: die *Bevölkerungsexplosion*.

Nach den derzeitigen demographischen Schätzungen der Vereinten Nationen werden um die Jahrtausendwende über sechs Milliarden Menschen auf der Erde leben. Das sind 50 Prozent mehr als heute; und bei Vermeidung globaler Katastrophen dürfte die Weltbevölkerung um die Mitte des nächsten Jahrhunderts bei 10 oder 12 Milliarden Individuen stationär werden. Damit diese Menschen über das Maß an Nahrung, Kleidung, Wohnung, medizinischer Versorgung und Bildung verfügen können, das für ein Leben in Freiheit und Würde unabdingbar ist, muß die Produktion materieller Güter global intensiv gesteigert werden, selbst wenn wir Einwohner der reichen Industrieländer in Zukunft nicht mehr die stetige Mehrung unseres materiellen Wohlstands als unser selbstverständliches Recht ansehen sollten. Zu groß ist der Nachholbedarf der Entwicklungsländer, in denen die Bevölkerungsexplosion stattfindet: So betrug im Jahre 1975 nach Berichten der Weltbank das Bruttosozialprodukt pro Kopf in Westeuropa 4653 Dollar und in den USA 7066 Dollar, während es in Afrika 405 Dollar und in Asien und Ozeanien 305 Dollar erreichte. Auch wenn das Bruttosozialprodukt als Wohlstandsindikator in vielerlei Hinsicht fragwürdig ist und in den Entwicklungsländern die Beiträge des traditionellen Sektors nicht hinreichend erfaßt, machen die großen Zahlenunterschiede doch das globale Wohlstandsgefälle deutlich, das sich in Zukunft gemäß den vorliegenden Prognosen noch verschärfen dürfte.

Der notwendige Fortschritt in der materiellen Güterproduktion wird ohne eine sich weiter steigernde Industrialisierung der Erde nicht zu verwirklichen sein. Auch wenn wir hoffen und wünschen, daß die Länder der Dritten Welt aus unseren Fehlern lernen und nicht alle unsere Produktionsstrukturen übernehmen, so müssen wir doch davon ausgehen, daß nur bei Potenzierung der menschlichen Produktionsmöglichkeiten durch energiegetriebene Maschinen in der Industrie- und Agrarwirtschaft eine Chance besteht, die kommenden Generationen mit dem

Nötigsten zu versorgen. Dies bedeutet jedoch eine vermehrte Beanspruchung der natürlichen Ressourcen.

Die natürlichen Lagerstätten mineralischer Rohstoffe wie Aluminium, Chrom, Eisen, Kupfer, Silber, Zink werden innerhalb des nächsten Jahrhunderts erschöpft sein, wenn der Bedarf entsprechend den Prognosen des US Bureau of Mines vom Oktober 1976 anwächst. Da jedoch die Rohstoffe aus den Industrieprodukten durch „Recycling“ zurückgewonnen werden können, sofern hinreichend viel Energie zur Verfügung steht, ist *Energie* die Basisressource. Sie löst das Rohstoffproblem bei wachsendem Verbrauch so lange, bis die Produkte vor Ablauf ihrer ökonomischen Lebensdauer dem Recyclingprozeß wieder zugeführt werden müßten. Doch vor dem Erreichen dieser Grenze werden uns die Probleme der Energieversorgung und der Umweltverschmutzung Sorge bereiten. Ihnen müssen wir unsere Hauptaufmerksamkeit zuwenden und deshalb im weiteren den Zusammenhängen zwischen Energie und Wirtschaftswachstum sowie Energieeinsatz und Umweltbelastungen nachgehen.

Jeder Prozeß, der sich in dem Wirklichkeitsbereich abspielt, der unseren Sinnen und Meßinstrumenten zugänglich ist, beruht auf der Wechselwirkung zwischen Energie und Materie. Wann immer Materie in nützlichen Produkten organisiert werden soll, muß Energie in kontrollierter, planvoller Weise auf sie einwirken. Im Industrieprozeß sind das Kapital (d. h. die Maschinen und alle zu ihrem Schutz und Betrieb benötigten Installationen) und die (menschliche) Arbeit die Instrumente, die den Energiefluß steuern. Dabei verarbeiten sie Informationen, entsprechend denen die Materie aus dem normalerweise niedrigen Ordnungszustand der Rohstoffe in den hohen Ordnungszustand der Konsum- und Investitionsgüter gehoben wird. Die Ordnung in den Industrieprodukten wird mit Unordnung (Entropie) in der Umwelt erkaufte.

Die primäre Quelle aller ökonomisch verwertbaren Energie ist deren Erzeugung durch Materieumwandlung, wie sie in der Sonne und in Kernreaktoren geschieht. Kapital und Arbeit machen Energie verfügbar und werden ihrerseits von dieser „belebt“. Die drei fundamentalen industriellen Produktionsfaktoren Kapital, Arbeit und Energie sind somit zu einer „Wachstums-Troika“ zusammengeknüpelt, die die Wirtschaft vorwärtszieht. Ihr Zusammenwirken läßt sich durch ein System von Differentialgleichungen beschreiben, dessen Lösungen die Produktion industrieller Wirtschaftssysteme wie der Bundesrepublik Deutschland und der USA in guter Übereinstimmung mit der Wirklichkeit in den letzten beiden Dekaden beschreiben. Insbesondere wird die erste Energiekrise von 1973 bis 1975 getreu abgebildet und die bis etwa 1976 beobachtete enge Kopplung von Energie und Wirtschaftswachstum produktionstheoretisch erwiesen. Zugleich wird aber auch deutlich, daß bei einer Verbesserung des energetischen Wirkungsgrads des Kapitalstocks die Produktion bei gleichbleibendem oder sogar verringertem Energieeinsatz so lange gesteigert werden kann, bis die thermodynamischen

Grenzen der Wirkungsgradverbesserung und die technisch-ökonomischen Grenzen für Veränderungen der Produktpalette erreicht sind. Danach wird für mehr Wachstum wieder mehr Energie benötigt werden.

Die Abschätzungen des *Energieeinsparpotentials* differieren zum Teil sehr erheblich. Die unterschiedliche Einstellung der Autoren zur Kernenergie spielt dabei eine Rolle. Vertrauen scheint die von dem Stuttgarter Ingenieurbüro Fichtner im Auftrag des Bundesministeriums für Forschung und Technologie erstellte Studie zu verdienen, die für die Bundesrepublik Deutschland Einsparungsmöglichkeiten von 21 Prozent bei der Endenergie im Industriesektor bis zum Jahr 2000 sieht. Das deckt sich etwa mit Schätzungen des Institute for Energy Analysis für die USA, die eine 14prozentige Steigerung der Effizienz des Energieeinsatzes erwarten lassen, wenn sich der Energiepreis während der Lebensdauer des Kapitalstocks verdoppelt, während eine um weitere 20 Prozent erhöhte Energieproduktivität bis zum Jahr 2000 durch die Investition von 600 Milliarden Dollar zur Umrüstung der Produktionsanlagen erzielt werden kann.

Energiesparen ist also möglich und nötig, aber auch teuer. Nötig ist es, weil bei einer weiteren globalen Steigerung des Energieverbrauchs in dem Ausmaß der „goldenen“ 60er Jahre (5 Prozent jährlich) die von dem Bericht an den amerikanischen Präsidenten „Global 2000“ geschätzten Weltreserven und Ressourcen „konventioneller“ Energieträger inklusive Uran für Leichtwasserreaktoren innerhalb von 75 Jahren aufgebraucht wären. Aus den im folgenden noch detailliert darzulegenden Gründen ist die Schonung der natürlichen Umwelt ein weiteres starkes Argument für das Energiesparen. Doch müssen wir uns seiner Grenzen und Kosten bewußt sein, und eine Gesellschaft hat sorgfältig abzuwägen, auf wie viele Kapaldienstleistungen sie zu verzichten bereit ist, um damit Energiedienstleistungen zu substituieren. Schließlich verdankt die Bevölkerung der Industrieländer ihren hohen materiellen Lebensstandard der Ausbeutung der Energiequellen. Früher konnten sich einen vergleichbaren Wohlstand nur wenige Privilegierte durch Ausbeutung von Sklaven, Leibeigenen oder frühem Industrieproletariat leisten.

Seit mehr als 20 Jahren konzentrieren Wissenschaft und Technik große Anstrengungen auf die Erschließung praktisch unerschöpflicher *Energiequellen*. Schnelle Brüter, kontrollierte Kernfusion und Solarenergie sind ihre Namen. Dabei wurde die Sonnenenergie erst in jüngerer Zeit als bedenkenswerte Option entdeckt. Als extraterrestrische Energiequelle zeichnet sie sich durch besondere Umweltverträglichkeit aus. Von den Schnellen Brütern und der kontrollierten Kernfusion wissen wir, daß ihre Nutzung Probleme der radioaktiven Entsorgung aufwirft, wobei Fusionsreaktoren, die es noch nicht gibt und deren Einsatz nicht vor dem Jahr 2040 von der US-Elektrizitätswirtschaft erwartet wird, die inneren Reaktorwände durch den Beschuß mit Neutronen radio-aktivieren und auf diese Weise gemäß einer Studie des Internationalen Instituts für angewandte Systemanalyse in Laxen-

burg strahlenden Abfall in derselben Größenordnung wie die Schnellen Brüter produzieren werden. Doch Radioaktivität sollte nicht überbewertet werden angesichts der Umweltprobleme, die wir uns einhandeln, wenn wir das Ziel eines permanenten Wirtschaftswachstums auf der Erde noch lange weiterverfolgen.

Nehmen wir an, daß Energie in unbegrenzten Mengen aus Schnellen Brütern oder Fusionsreaktoren bereitgestellt werden kann, bevor die Vorräte an konventionellen Energieträgern völlig verbraucht sind. Dann müssen wir die Folgen bedenken, die uns der Zweite Hauptsatz der Thermodynamik lehrt. Nach diesem fundamentalen Naturgesetz erhöhen alle Vorgänge, die auf die Art und Weise der Industrieprozesse ablaufen, eine „Entropie“ genannte Größe, die um so größer ist, je gleichmäßiger alle Bestandteile des Systems, in dem die Vorgänge stattfinden, auf alle Orte des Systems und alle möglichen Geschwindigkeiten verteilt sind. Die industrielle Entropievermehrung besteht in der Verteilung von Schwermetallen wie Blei, Quecksilber und Cadmium über Weideflächen und in Gewässern, der Verbreitung von Kohlendioxyd, Schwefeldioxyd („Saurer Regen“) und anderen bei der Verbrennung von Kohle und Erdöl freiwerdenden Stoffen in der Atmosphäre (wobei im Fall von CO_2 und SO_2 die Entropievermehrung auf das System der Kohlenstoff- bzw. Schwefelatome zu beziehen ist), in der Entfesselung radioaktiver Strahlung bei der Kernspaltung sowie in der Aufheizung der Gewässer und der Atmosphäre. Diese Entropievermehrung wirkt als Umweltverschmutzung. Ihr Ansteigen wird nur durch die Sonneneinstrahlung und durch die Wärmeabstrahlung in den Weltraum gebremst. Die natürlichen Umweltreinigungsprozesse können jedoch mit dem Steigen der Entropieflut nicht mehr Schritt halten und führen durch Konzentration von Schadstoffen in der Nahrungskette, wie z. B. giftiger Schwermetalle in Champignons und tierischen Eingeweiden, bisweilen sogar noch zu einer Verschärfung der Bedrohung des Menschen.

Es gibt drei Arten der Umweltverschmutzung: die chemische, die radioaktive und die thermische. Rein theoretisch können die ersten beiden Arten durch technologische Maßnahmen in die dritte umgewandelt werden. Die *thermische Umweltverschmutzung* jedoch ist unvermeidlich, solange der Einsatz von Energie aus erdinternen Quellen steigt. Nun ist die thermische Pollution gewiß die harmloseste Art der Umweltverschmutzung. Sie allein uns einzuhandeln wird uns aus Kostengründen allerdings sehr schwerfallen. Doch selbst wenn das gelänge und der globale Energieverbrauch wieder jährlich um 5 Prozent zunähme, wäre etwa im Jahr 2030 die sog. „Hitze-mauer“ erreicht, an der eine künstlich freigesetzte Wärmeleistung von etwa $3 \cdot 10^{14}$ Watt einige Promille der uns zugestrahlten Sonnenleistung betragen würde und die labile Wettermaschine so nachhaltig beeinflussen dürfte, daß sich die Klimazonen auf der Erde in unvorhersehbarer Weise verändern werden. Da die Verteilung der Weltbevölkerung an die bestehenden Klimazonen angepaßt ist, würde deren Veränderung große ökonomische und soziale Krisen hervorrufen.

Damit ist erwiesen, daß selbst unter optimistischsten Voraussetzungen irgendwann im nächsten Jahrhundert das Wachstum der Industrieproduktion auf der Erde zum Stillstand kommen muß. Unsere Gesellschaft täte gut daran, sich allmählich darauf einzustellen. Die Energiebedarfsschätzungen für 8 Milliarden Menschen im Jahr 2030 schwanken zwischen 1 kW/Kopf und 3–4 kW/Kopf, während wir heute in der Bundesrepublik Deutschland 6 kW/Kopf verbrauchen und das Weltmittel bei 2 kW/Kopf liegt. Wenn der Energieverbrauch und das entsprechende Wirtschaftswachstum so niedrig gehalten werden können, wie diese Energiebedarfsschätzungen annehmen, wird die thermische Umweltverschmutzung nicht zum Problem.

Allerdings ist man bei den Schätzungen nicht davon ausgegangen, daß Energie massiv zur Eliminierung der chemischen und radioaktiven Umweltverschmutzung eingesetzt werden wird. Deren in „Global 2000“ prognostizierte Entwicklung zeigt uns schon die nächste Zukunft in einem düsteren Licht, das hauptsächlich von der chemischen Umweltverschmutzung verbreitet wird. So erwartet man, daß durch die Verbrennung fossiler Energieträger eine Verdopplung der Kohlendioxyd-(CO₂-)Emission gegenüber 1975 auf 24 bis 31 Milliarden Tonnen pro Jahr erfolgt. Gleichzeitig ist infolge Rodungs- und Brennholzbeschaffungsmaßnahmen in den Entwicklungsländern der Verlust von 446 Millionen Hektar CO₂-absorbierenden Waldes zu befürchten. Dessen Verbrennung und die Zersetzung der Humusdecke erzeugen noch mehr CO₂. Falls eine Verdopplung der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre eintritt, was bis zum Jahr 2050 nicht ausgeschlossen werden kann, könnte sich infolge des Treibhauseffekts die Durchschnittstemperatur der Atmosphäre um 3 Grad C erhöhen. Das hätte das Abschmelzen des Polareises, die Überschwemmung weiter Küstengebiete und dramatische Klimaveränderungen zur Folge.

Ferner kommt es durch die Kohleverbrennung zu bedeutenden Emissionen von Staub, giftigen Schwefel- und Stickoxyden und Schwermetallen. Die Wälder und Gewässerbewohner weiter Gebiete in Europa und Nordamerika werden durch Schwefelemissionen bedroht, und den Entwicklungsländern stehen Luftverschmutzungen kontinentaler Ausmaße durch Dung-, Holz- und Kohleverbrennung bevor. Darüber hinaus drohen bis zum Jahr 2000 15 bis 20 Prozent der lebenden Spezies des Planeten durch Waldvernichtung verlorenzugehen; davon sind 1000 Vogel- und Säugetierarten als gefährdet erkannt. Wir müssen einen unwiederbringlichen Verlust genetischen Kapitals der Erde befürchten. Somit scheinen Bevölkerungs- und Industriewachstum die natürlichen Lebensgrundlagen bald irreversibel zu schädigen. Können wir etwas dagegen tun?

Einige Wissenschaftler vertreten die Ansicht, daß die Tage des Menschen auf der Erde gezählt sind. Ihrer Meinung nach wird mit wachsender Umweltzerstörung und Ressourcenknappheit der militärische Fortschritt in nuklearen Verteilungskämpfen das Umweltproblem durch Eliminierung der Menschheit ein für allemal

„lösen“: „Wir können nichts tun, die Natur wird unseren Fall wie schon viele andere vorher in den Jahrmillionen der Evolution durch die passenden Regelmechanismen erledigen.“

Angesichts des Verhaltens von Interessenverbänden und Standesvertretungen in einer Gesellschaft, die mit dem Sparen beginnen muß, und bei Betrachtung des Umgangs der Nationalstaaten miteinander ist die Versuchung groß, den Pessimisten recht zu geben. Doch fällt es dem Christen schwer, sich damit abzufinden, daß Gott die Erde erschaffen haben soll, damit sie in dem vom Menschen produzierten Schmutz erstickt und durch die technischen Schöpfungen seines Geistes zerrissen wird. Wohin können wir blicken, wenn wir nach Zeichen der Hoffnung Ausschau halten? Ein Antwortversuch sagt: In uns und über die Grenzen der Erde hinaus.

Zeichen der Hoffnung

J. M. Pelt, der Präsident des Europäischen Instituts für Umweltfragen, Metz, schrieb 1975 in den „Physikalischen Blättern“, der Verbandszeitschrift der Deutschen Physikalischen Gesellschaft: „Der Primat... wird die so schlecht genutzten potentiellen Fähigkeiten seines Großhirns besser gebrauchen müssen, um die Werte der Kultur und des Geistes sowie die dem Menschen eigene Fähigkeit, über sich hinauszudenken und zu lieben, zu entwickeln. Dabei könnte ihm die vorhersehbare Wiederentdeckung des Evangeliums eine Orientierungshilfe sein.“ Eine Änderung unseres individuellen und sozialen Verhaltens in dem von Pelt angedeuteten Sinn wird unvermeidlich sein. Da es andererseits unwahrscheinlich ist, daß sechs bis zehn Milliarden Menschen innerhalb kurzer Zeit ihr Verhalten radikaler ändern werden, als es die Christen Europas in ihrer 2000jährigen Geschichte vermochten, müssen wir uns auch aller technischen Hilfsmittel bedienen, die es uns erlauben, die Annäherung an die Wachstumsgrenzen auf der Erde zu verzögern. Wenn überdies die Wirtschafts- und Sozialwissenschaftler recht haben, die behaupten, daß nur eine dynamisch expandierende Gesellschaft dem Individuum ein Maximum an Freiheit und Möglichkeiten zur Selbstverwirklichung bieten kann, wohingegen eine stationäre Gesellschaft in Ständen oder Kasten erstarren muß, die soziale Mobilität verhindern und die kreative Entfaltung des einzelnen einschränkend kontrollieren, sollte auch nach Möglichkeiten gesucht werden, das Wachstum ohne weitere Zerstörung unseres Lebensraums fortzusetzen.

Der Mensch hat die ersten tastenden Schritte in den Weltraum gewagt. Er beginnt, die empfindlichen Lebensfunktionen der Erde durch Satelliten zu überwachen und unternimmt die ersten Versuche, industrielle Produktionsprozesse in den Raum jenseits der Biosphäre zu verlegen. Noch tut er es nur, weil allein dort Schwerelosigkeit und Hochvakuum als ideale Voraussetzungen für gewisse Pro-

zeßabläufe existieren. Aber es liegen auch Pläne zur Entlastung der Biosphäre von Energieerzeugungsanlagen bereit. Sie sind Gegenstand intensiver wissenschaftlicher Diskussion und von Gesetzesvorlagen im US-Kongreß: Es scheint technisch möglich zu sein, viele 10000 Megawatt starke Satelliten-Sonnenkraftwerke auf geostationärer Umlaufbahn zu errichten, die Sonnenenergie über Mikrowellen und Empfangsantennen auf der Erde als Elektrizität in das terrestrische Energieversorgungsnetz einspeisen. Ökonomisch geht die Rechnung auf, wenn die Industrialisierung des erdnahen Raums entsprechend den an der Princeton University und dem Massachusetts Institute of Technology ausgearbeiteten Plänen unter fast ausschließlicher Nutzung von Solarenergie und lunarer sowie asteroidaler Materialressourcen erfolgt. Der Schritt von der Erdoberfläche auf niedrige Erdumlaufbahn würde mittels der wiederverwendbaren Raumfähre getan. Im Raum könnte sich dann eine schnell expandierende Zivilisation entfalten.

Die Schwierigkeiten, die einer zügigen Verwirklichung dieser Vorhaben entgegenstehen, liegen zum einen darin, daß Plänen, die den extraterrestrischen Raum einbeziehen, für viele Menschen noch der Charakter des Utopischen anhaftet; zum anderen laufen solche großtechnologischen Unternehmen der zur Zeit weitverbreiteten Sehnsucht nach kleinen, überschaubaren technischen Einheiten zuwider.

Die Wertpräferenzen der heutigen Generation werden für lange Zeit die Entwicklung unserer Gesellschaft festlegen, denn in Krisensituationen verringert eine einmal getroffene Entscheidung die Anzahl der Optionen in der Zukunft. Darum ist neben der Wissenschaft, die verschiedene Entwicklungsmöglichkeiten zu erschließen hat und die Folgen der Entscheidung für diese oder jene Alternative aufzeigen muß, auch die Kirche als Werte vermittelnde Institution herausgefordert, an der Gestaltung des Diesseits in den vor uns liegenden kritischen Jahren intensiv mitzuarbeiten. Dabei wird es für ihre Glaubwürdigkeit und Wirkmächtigkeit wichtig sein, daß sie nicht nur für den Schutz des ungeborenen Lebens, sondern auch für den Schutz des noch nicht gezeugten Lebens eintritt. Das Gebot der Nächstenliebe erstreckt sich auch auf die nach uns Kommenden. Diese unsere Nachkommen sind darauf angewiesen, daß heute Wissenschaft und Glaube alle intellektuellen und die über das eigene Ich hinausstrebenden emotionalen Kräfte wecken und vereinigen in der Suche nach dem schmalen Weg in eine lebenswerte Zukunft, der selbstmörderische Ausbeutung der Erde ebenso vermeidet wie einen Rückfall in autoritäre, den Mangel verwaltende Gesellschaftssysteme. Wenn wir unsere Verantwortung für die Zukunft in diesem Sinn wahrnehmen, dürfen wir trotz aller Gefahren mit dem Geschichtsphilosophen Arnold Toynbee für unsere westliche Zivilisation hoffen, über die er sagt: „Mögen auch 16 Zivilisationen untergegangen sein und neun andere kurz vor dem Zusammenbruch stehen, so sind dennoch wir in der sechsundzwanzigsten (der westlichen) nicht gezwungen, das Geheimnis unseres Schicksals der blinden Fügung des Zufalls zu unterwerfen. Noch glüht der göttliche Funke schöpferischer Kraft.“