

## Die Zukunft fordert mehr von uns Ingenieuren

Von J. Siegfried Meurer, Kreuth\*)

DK 62:338.45.001.18

Die Landtechnik, in unmittelbarer Beziehung zur Nahrungsmittelerzeugung stehend, kann schon deshalb nicht allein und isoliert gesehen werden. Das gilt heute für alle Sparten der Technik, deren Träger — die Ingenieure und Naturwissenschaftler — ihre Probleme nicht isoliert als nur technische, sondern eingebunden in die wirtschaftliche und ökologische Gesamtbetrachtung sehen dürfen, um ihrer beruflichen Verantwortung gerecht zu werden. Das bringt neue Aufgaben mit sich, vor allem solche der gut verständlichen, öffentlichen Vertretung der Entscheidungsgrundlagen und des klaren Erkennens der Auswirkung der Art ihrer Tätigkeit auf das wirtschaftliche Geschehen. Das Vorhandensein eines solchen Einflusses läßt sich aus historischen Abläufen nachweisen, deren Projektion bis zur Jahrtausendwende erahnen läßt, welche neue Technologien bis dahin zu erwarten wären. Es wird dabei klar, daß bei aller Bedeutung der Weiterentwicklung vorhandener Technologien der Schlüssel für die Lösung der Zukunftsprobleme die kreative Arbeit ist. Diese auf allen Gebieten zu entwickeln und zu unterstützen ist das Gebot der Stunde.

### Einleitung: Geändertes Verhältnis der Gesellschaft zur Technik

Wenn in den ersten Jahrzehnten dieses Jahrhunderts ein Ingenieur seine Ausbildung an der Hochschule abgeschlossen hatte, reichte das erworbene Wissen aus, um ihm für seine gesamte aktive Berufszeit eine ausreichende Kenntnisbasis zu geben. Heute bleibt ihm wohl so wie damals die erlernte technische Denkmethode und die Verständnisfähigkeit erhalten, aber das gegenständliche Wissen ist in wenigen Jahren veraltet. Es ist nicht nur das technische Wissensgebiet, das sich in seinem Erkenntnisinhalt in immer kürzeren Zeitspannen ändert, sondern das trifft für die Naturwissenschaften in allen ihren Fakultäten zu. Der Wissensumfang nimmt zu, aber auch die Schwierigkeit, die neuen Erkenntnisse zu verstehen. Für den Naturwissenschaftler und Ingenieur wird das Lernen zu einem Dauerzustand, der nicht unwesentliche Teile seiner geistigen Kapazität in Anspruch nimmt. Er muß diese bereitstellen, weil anders eine erfolgreiche Lösung der sich ihm fachlich stellenden Probleme nicht möglich ist. Glücklicherweise bleibt er hiermit auf dem Gebiet, das er sich als Beruf gewählt hat. Im Sinne der fachlichen Verantwortung seiner Berufssparte der Allgemeinheit gegenüber könnte er erwarten, daß die Öffentlichkeit sein Bemühen um die Erneuerung seiner fachlichen Schlagkraft und deren Erfolge in Form neuer technischer Lösungen anerkennt. Dem ist aber nicht mehr so. Das Verhältnis der Gesellschaft zur Technik hat sich entscheidend geändert, und wenn ein technischer Fortschritt vor 50 Jahren von allen Zeitgenossen noch ganz selbstverständlich begrüßt wurde, ist dies heute nur noch sehr bedingt der Fall, wie sich dies in unseren Tagen in öffentlichen Diskussionen, Parlamentsdebatten und gesetzgeberischen Reglementierungsbestrebungen sowie den Bürgerinitiativen gegen alle Arten technischer Projekte äußert. Diese neuen Verhältnisse lassen zweifellos eine neue Aufgabe für den Ingenieur entstehen, die außerhalb seiner fachlichen und berufsinternen Arbeit liegt und darin besteht, das Ergeb-

Vorgetragen auf der Internationalen Tagung Landtechnik 26./27. Okt. 1978 in Nürnberg.

\*) Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. J. Siegfried Meurer, Kreuth, war Vorstandsmitglied der MAN (Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg AG) verantwortlich für Forschung.

nis und die Notwendigkeit seiner Arbeit in der Öffentlichkeit zu vertreten, und zwar rechtzeitig. Denn es widerspricht ja dem auf Effizienz ausgerichteten Denken des Ingenieurs in vollem Umfang, wenn die mit viel Mühe der Forschenden und dem finanziellen Beitrag der gesamten Bevölkerung erarbeiteten, oft lebensnotwendigen Lösungen am Nichtverstehen oder mangelnden Vertrauen derjenigen, für deren Lebensmöglichkeiten sie bestimmt sind, scheitern, und somit die geleistete Arbeit verzögert oder sogar nutzlos wird. Eine Information, für alle verständlich, die rechtzeitig erfolgt, kann von vornherein die Bildung von ablehnenden Bürgerinitiativen, soweit sie auf mangelnder Information beruhen, am besten verhindern.

### Fehlende Information als Ursache

Es sind laut einer Befragung in der Tat 44 % der Bundesbürger, die sich von der Unverständlichkeit der heutigen Technik überfordert fühlen und im Zweifel sind, wie der technische Fortschritt geistig beherrscht werden kann [1]. Die Ursache, warum in den letzten Jahren so viele Menschen in den Zustand einer Unsicherheit gegenüber der Technik gekommen sind, liegt neben politischen und weltanschaulichen Gründen, die hier nicht behandelt werden sollen, in mangelnder Erklärung der Notwendigkeit zur Durchführung eines Projektes und der Unbedenklichkeit der benutzten technischen Mittel. Eine solche allgemein verständliche Erklärung ist heute nicht mehr so einfach zu geben, denn die Ergebnisse der angewandten Naturwissenschaften waren früher leichter als heute für den nicht vorgebildeten Mitbürger verständlich. Was in einer Dynamomaschine, in einer elektrischen Bogen- oder einer Edisonlampe stattdes findet, ist zweifellos auch leichter verständlich erklärbar gewesen als z.B. der Vorgang der Kernspaltung oder der Kernfusion. Dazu kommt, daß bei vielen unserer Zeitgenossen der Fernsehära die Bereitschaft fehlt, für eine solche Erklärung eine gewisse geistige Mitarbeit zur Verfügung zu stellen. Man überläßt sich lieber dem Gefühl des Unheimlichen und Drohenden, das in der historischen Beziehung der Nukleartechnik, beispielsweise zur Hiroshima-Bombe, seine scheinbare Berechtigung findet und lehnt ab, anstatt den Versuch zu machen, einen eigenen sachlichen Standpunkt gegenüber den Argumenten der Gegner und der Befürworter einer neuen Technologie zu gewinnen. Andererseits kann man auch die Träger der Technik nicht von einem Versäumnis freisprechen. Die Bemühungen von dieser Seite, vor allem den technisch nicht vorgebildeten ihre Arbeiten und deren Ziele einfach und verständlich darzustellen, sind nicht sehr groß gewesen. Der Ingenieur neigt zu einer Introvertiertheit, hat seine eigene, anderen nicht gut verständliche, weil viel voraussetzende Ausdrucksweise und diskutiert seine Gedanken am liebsten nur unter seinesgleichen.

Das mag auch der Grund sein, daß das Verständnis für die Arbeit des Ingenieurs in der breiten Öffentlichkeit vieler westlicher Industriestaaten, aber auch in der geisteswissenschaftlichen Intelligenz gering ist. Es ist aber auch eine leider immer wieder erwiesene Tatsache, daß der in der Technik Tätige selbst nur noch schwer zu einer Diskussion über sein Verhältnis zur Gesellschaft und seine Verantwortung ihr gegenüber zu bringen ist [2]. Das liegt nicht an Interesselosigkeit, sondern ist in der Tatsache begründet, daß der Umfang, die Bedeutung und der Schwierigkeitsgrad der technischen Probleme die geistige Kapazität der sich technisch verantwortlich Fühlenden in außerordentlichem Umfang in Anspruch nimmt. So ergibt sich das Bild, daß dieser Stand seine informierende Aufgabe nicht rechtzeitig erkannte und auch auf die Mitarbeit und seine Vertretung bei gesellschaftspolitischen Aufgaben verzichtete. Statt eigener öffentlicher Rechtfertigung für seine technischen Projekte mit sachgerechter Diskussion der Vor- und Nachteile hielt er es für seine einzige Pflicht, die Technik technisch zu perfektionieren.

### Neue Aufgabe für den Ingenieur

In dieser einseitig technischen und introvertierten Haltung darf der Ingenieur und Naturwissenschaftler nicht verharren. Die nahe

Vergangenheit und die Gegenwart haben uns bewiesen, daß das Fehlen einer bewußt auf die Verständnismöglichkeiten der Öffentlichkeit abgestimmten Vertretung der Technik einen folgenschweren Mangel darstellt. Daß dieser nicht früher erkannt wurde, ist vielleicht insofern entschuldbar, weil noch lange nach dem Zweiten Weltkrieg die früher vorhandene Zuneigung dem technischen Schaffen gegenüber als noch weiterbestehend vorausgesetzt werden konnte, was aber dann verlorenging, als die Basis wichtiger Gebiete der Technik das eigene Verständnisvermögen der meisten unserer Zeitgenossen verließ.

Dazu kam, daß die Erkenntnisfortschritte der Naturwissenschaft auch für Ingenieure atemberaubend waren und den anwendenden Ingenieur unabwendbar in die Spezialisierung drängten und damit ihn selbst immer weiter weg von dem Gesamtüberblick und der Fähigkeit, das Geschehen, seine Logik und Notwendigkeit auch denen verständlich machen zu können, deren Umwelt und Lebensbasis davon betroffen wurde. So wurde ein großer Teil des Volksganzen in seiner Auseinandersetzung mit den sich überstürzenden Erscheinungsformen der modernen Technik von deren Trägern geistig allein gelassen, ohne daß man diese dafür schuldig sprechen kann. Aber wie dem auch sei, die Vertrauensbasis wurde gestört.

Man kann mit Recht sagen, hier haben nicht die technisch Verantwortlichen ein Versäumnis begangen, sondern die Journalisten, die ja so oft von dem Recht der Öffentlichkeit auf Information sprechen und dies als Aufgabe, für die sie verantwortlich sind, angeben. Dieser Einwand ist berechtigt, denn es gibt heute nur wenige Journalisten, die sich bemühen, wohl unterrichtet Tatsachen zu berichten. Meist lesen wir doch nur Tendenzen, bevorzugt negativer Richtung, die aus durchaus positiven Fakten abzuleiten versucht werden, da heute die inhaltlich negativ gestimmte Meldung einen höheren Publikationswert hat als die positive. Daß in dieser Beziehung ein Notstand vorhanden ist, der abgestellt werden muß, und daß dies auch die Meinung einer Gruppe von Journalisten ist, geht daraus hervor, daß diese Gruppe eine Gesellschaft mit dem Namen "Technisch-literarische Gesellschaft e.V. – TELI" gegründet hat, die sich ausschließlich die sachgerechte Unterrichtung der Öffentlichkeit über naturwissenschaftliche und technische Probleme zum Ziel gesetzt hat.

Aber der Ingenieur kann sich damit als Einzelner wie in der Gesamtheit nicht exkulpieren. Es ist letzten Endes seine Aufgabe als Träger der technischen Entwicklung, das gespannte Verhältnis der Gesellschaft zur technischen Arbeit wieder abzubauen und erneut Verständnis und Vertrauen zu schaffen, und der Journalist kann dazu nur Helfer sein.

Eine breite erklärende Öffentlichkeitsarbeit und das Bemühen um geistige Teilhaberschaft aller Volksschichten – das muß sich jeder verantwortungsbewußte Ingenieur und Naturwissenschaftler heute sagen – ist zur unabdingbaren neuen Aufgabe auch der einzelnen im technischen Geschehen Stehenden geworden, und sie ist unzweifelhaft der technischen Aufgabe gleichzusetzen. Wird diese neue Aufgabe nicht erfüllt, wird der Ruf nach staatlicher Überwachung nicht nur von Teilen der technischen Entwicklungsarbeit, wie z.B. nuklearen, sondern aller technischen Forschungen und Entwicklungen immer lauter. Das ist eine Gefahr, weil gerade die wertvollsten, die schöpferischen Quellen versiegen, wenn sie schon im Entstehen einer reglementierenden Kritik unterworfen sind.

Der Weg, das zu verhindern, kann nicht darin gesehen werden, jeden unserer Mitbürger zum Ingenieur zu machen – das wäre eine utopische Vornahme –, sondern die sich in der Technik verantwortlich Fühlenden müssen ihrer Umwelt Vertrauen in ihre Lösungen vermitteln, indem sie nicht die Technik ihrer Pläne als Argumente benutzen, sondern darlegen, welche Wechselwirkung zwischen der technischen Lösung und dem Gesamtgeschehen besteht, mag dies in politischer, ökologischer, wirtschaftlicher oder allgemein menschlicher Beziehung sein. Auch viele Probleme, die mit der Nahrungsmittelerzeugung, der Düngung und den Pestiziden zusammenhängen, sind u.a. hier betroffen. Das erfordert den Übergang von dem einschichtigen, rein technischen Denken zu dem mehrschichtigen Nachdenken über den Zusammenhang des zu lö-

senden technischen Problems mit dem Gesamtsystem, das letzten Endes alle unsere menschlichen Lebensnotwendigkeiten und -äußerungen umfaßt. Es mag früher darum gegangen sein, eine Maschine um ihrer selbst und ihrer raffinierten technischen Lösung willen zu entwickeln, heute dürfen die Ingenieure nicht vergessen, schon in den Beginn ihrer Überlegungen die Frage einzuschließen, welche Wirkung diese Maschine auf unsere Umwelt, auf unser soziales Leben, auf unsere Wirtschaft haben wird. Kein Problem kann echt außerhalb des Gesamtzusammenhangs gelöst werden z.B. etwa in dem Sinn, was ein noch so gut entwickeltes und gebautes Auto noch nützen kann, wenn keine Straßen mehr frei sind, um damit zu fahren, oder wenn kein Benzin mehr vorhanden ist.

## Die Bedeutung der technischen Forschung für die konjunkturelle Entwicklung

Die technische Forschung entspringt einem Erkenntnistrieb, mag dieser früher nur der neuen Erkenntnis wegen vorhanden gewesen sein, auch er muß heute die Gesichtspunkte für eine weitere menschliche Entwicklung beinhalten. Daß hier früher von der wissenschaftlichen Forschung Fehler begangen wurden, zeigt uns schon, daß heute die schöpferische, d.h. ins Neuland vorstoßende Tätigkeit von der nicht technischen Allgemeinheit am meisten bergewöhnt wird. Aber gerade diese Tätigkeit ist ein gutes Beispiel für den bedeutenden Einfluß, der daraus für ein sehr schwerwiegendes Problem entsteht, nämlich die Arbeitslosigkeit, und deshalb sind gerade diese Antistellung der Allgemeinheit und die Bestrebungen nach staatlichem Dirigismus hier ganz fehl am Platze und als Unkenntnis oder eben als eine mangelnde Information über historische Tatsachen anzusehen.

Das klare Erkennen der Zusammenhänge zwischen einer technischen bzw. naturwissenschaftlichen, schöpferischen Tätigkeit mit dem wirtschaftlichen Geschehen und einem dementsprechenden gezielten Handeln stellt ebenfalls eine sehr bedeutsame neue Aufgabe der Naturwissenschaftler und der Ingenieure dar. Daß diese Art seiner Tätigkeit mit dem Problem der Arbeitslosigkeit eng verbunden ist, ist ein Zusammenhang, der wohl in dieser Form vielen Ingenieuren und Naturwissenschaftlern ebenfalls als neu erscheinen mag, aber verständlicherweise von sehr aktueller Bedeutung ist.

Die heutige beunruhigende Konjunktorentwicklung mit der offensichtlichen Unmöglichkeit der Vollbeschäftigung erscheint nach Analysen der konjunkturellen Abläufe in den letzten 200 Jahren als ein Prozeß historischer Gesetzmäßigkeit, der der industriellen Praxis und dem dort gegebenen wirtschaftlichen Verhalten entspringt, und deshalb offenbar schwer abzuändern ist. Letzterer ist, etwas vereinfacht, aus der Gewohnheit zu erklären, daß man ein Produkt, mit dem man gut Geld verdient und für das man teure Einzweck-Fertigungseinrichtungen investiert hat, solange wie es irgend geht, in der Fertigung behält und zögert, auf grundsätzlich neue Produkte umzuschalten.

Der russische Nationalökonom *Kondratieff* hat aus seit 1780 bestehenden Statistiken über Preise, Löhne, Kapitalzins, Außenhandel, Rohstoffkosten ableiten können, daß in den letzten 200 Jahren die Konjunktorentwicklung in den Industriestaaten immer einen sinusartigen Verlauf, bestehend aus 4 Phasen: Prosperität, Rezession, Depression und Erholung, genommen hat. Als Schwingungsdauer der 4 Phasen einer solchen konjunkturellen Sinusschwingung ergaben sich in etwa 40 bis 60 Jahre. Die jeweiligen Depressionsphasen dokumentierten sich in Weltwirtschaftskrisen, die 1825, 1873 und 1929 ihren Anfang nahmen. Zählen wir zu 1929 50 Jahre dazu, kommen wir in unsere Tage.

Jede der vierteiligen Vollschnungen begann immer mit einer Prosperitätsphase. *Josef A. Schumpeter* [3], ein österreichischer Nationalökonom, suchte nach der Ursache für die Entstehung einer Prosperitätsphase und fand als das Moment, das diese auslöst, die fast gleichzeitige Markteinführung einer großen Anzahl

von neuen, bisher nicht vorhandenen Technologien. So wurde die 1790 beginnende Prosperität vor allem durch die mechanische Textilherstellung, die Maschinenindustrie und die Dampfmaschine ausgelöst. 1843 waren u.a. die Eisenbahn, die Telegrafie, die Pharma-Chemie, der Kunstdünger in der Landwirtschaft und die Fotografie das treibende Moment, 1898 die Starkstrom-Elektrotechnik, die Anilinfarbenchemie, der stationäre Ottomotor, die Dampfturbine, die Aluminiumherstellung und das Automobil und 1955 u.a. die Elektronik, der Transistor, der Computer, das Fernsehen, die Raketentechnik, der Kunststoff, die Hochoktanzkraftstoffe und vor allem die Massenproduktionstechniken.

Prosperitätsphasen mit echter Erweiterung des Arbeitsplatzangebotes wurden also immer durch die überraschenderweise stoßartig geballte Einführung von Basis-Erfindungen hervorgerufen. Ein solcher Stoß ebbt aber nach etwa 12 bis 15 Jahren ab. Die neuen Produkte verlieren den Reiz der Neuheit, das Marktinteresse kann zwar durch Detailverbesserungen und Preisverminderung wieder etwas angeregt werden, aber der ursächliche innovative Schwung der Prosperitätsphase klingt aus. Das ist auch das für unsere derzeitige Situation typische Bild, die Rezession und Depression mit ihrer gespaltenen Konjunkturlage.

## Konjunkturbeeinflussung heute

Die heutigen regierungsseitigen Investitionen zur Anregung der Konjunktur zielen verständlicherweise auf eine schnelle Erweiterung des Arbeitsplatzangebotes. Hier wirken Konsumerleichterungen, die Erstellung neuer Verkehrswege, neuer öffentlicher Bauten, Erleichterungen des privaten Wohnungsbaus sicherlich gut und modulieren den Abschwung der langwelligen *Kondratieff*-Welle kurzweilig positiv, aber eben nur auf kurze Zeit und helfen wenig, eine neue Prosperität vorzubereiten, die nach der historischen Erfahrung ganz andere auslösende Momente, nämlich die Einführung von neuen Technologien hat.

Auch die privaten Investitionen der Industrie sollen verständlicherweise die vergangene Prosperität schnell wieder zurückholen, aber sie können sich z.Z. im wesentlichen nur auf alternde Technologien abstützen. Mit Farbfernsehern, Hi-Fi-Anlagen, Waschmaschinen, Taschencomputern, Automobilen kann man auf die Dauer kein neues Arbeitsplatzangebot schaffen. Das soll nicht sagen, daß man Verbesserungsinvestitionen bestehender Technologien nicht machen sollte. Wir müssen das tun, um unseren Lebensstandard auch durch solche kurzlebigen Impulse zu erhalten, aber mehr denn je benötigen wir Investitionen im schöpferischen kreativen Geist, der Quelle für grundlegend neue Technologien. Die Anschaffung einer hochwertigen Werkzeugmaschine mag sicherlich wirtschaftlich besser zu übersehen sein, als Geld in eine zweifelhafte Idee zu stecken, die erst viel später einen vielleicht durchschlagenden Erfolg bringt. Aber wenn wir hier zu wenig tun, werfen wir nach der historisch ableitbaren Gesetzmäßigkeit nur eine müde Prosperitätsphase an und verspielen damit zumindest diese Art der Möglichkeit, neue sichere Arbeitsplätze zu schaffen.

## Zeitbedarf für Innovationen

Hier ist etwas sehr Wichtiges zu berücksichtigen, nämlich daß – wie die Vergangenheit ebenfalls lehrt – zwischen der Erfindung und ihrer Auswirkung als Innovation auf dem Markt sehr verschiedene und ziemlich lange Zeitspannen liegen. Um nur einige Daten dazu zu nennen: Beim Kunstdünger waren es 45 Jahre zwischen der Erfindung und der kommerziellen Fertigung und Markteinführung, bei der Diesellokomotive dauerte es 39 Jahre, beim Magnetophon auch 39 Jahre, das automatische Getriebe brauchte 35 Jahre, der Kugelschreiber 50 Jahre, der kontinuierliche Stahlguß 21 Jahre, Plexiglas 58 Jahre und Nylon 11 Jahre, der Transistor 10 Jahre, das klopfeste Benzin 23 Jahre, Radar 30 Jahre und die Pille 60 Jahre [4]. Man könnte dagegen einwenden, daß heute die Zeitspannen kürzer seien, aber nach amerikanischen

Feststellungen gelingt es gerade wegen des hohen Technologie-niveaus der Gegenwart kaum, die Innovationszeiten zu verkürzen. Auch ist der freie Wissenstransfer besonders auch bei uns durch psychologische Barrieren, das sogenannte NHE-Syndrom, d.h. nicht hier erfunden, gehemmt.

Es würde zur Überwindung der kritischen Beschäftigungssituation in den westlichen Industriestaaten eine wesentliche Hilfe sein, wenn man in unserer Gegenwart einen in der Vergangenheit so bewährten Impuls durch viele auf dem Markt erscheinende Basis-Erfindungen stattfinden lassen könnte. Aber wenn wir die historisch abgeleiteten mittleren Innovationszeiten von 30 bis 35 Jahren berücksichtigen, könnte eine sofortige Prosperitätsphase nur durch Basis-Erfindungen hervorgerufen werden, die vor ca. 30 Jahren in der Zeit des Zweiten Weltkrieges gemacht wurden. Es sind wohl damals viele Erfindungen gemacht worden, aber die meisten sind nicht für eine Friedenswirtschaft geeignet.

Da eine echte Prosperitätsphase, die eine sich allgemein und langfristig auswirkende Erweiterung des Arbeitsplatzangebotes hervorruft, nur durch wirkliche Basis-Erfindungen ausgelöst werden kann, ist es von weit größerer Bedeutung, dafür rechtzeitig und gezielt einen genügenden Prozentsatz der vorhandenen Kreativität anzusetzen, als die letzten möglichen Entwicklungsprozente einer schon älteren Technologie zu realisieren. Das gilt genauso für das einzelne Industrierwerk wie für die gesamte Volkswirtschaft. Die kreative Forschungstätigkeit hilft zwar wegen der langen Reifezeit kaum der Generation, die diese Arbeit leistet, ist aber das zukunftsicherste und positivste Erbe, das der nächsten Generation hinterlassen werden kann.

Im Hinblick auf die Schaffung von Arbeitsplätzen hören wir viel von der Notwendigkeit des Wachstums. Aber Wachstum und Wachstum ist nicht das Gleiche. Was uns nützt, ist das Wachstum aus neuen Technologien, denn aus den letzten Jahren haben wir gelernt, daß Wachstum mit bekannten Produkten die Arbeitslosigkeit nicht grundsätzlich beseitigen kann. Wachstum ist für solche Produkte nur über Preissenkungen erreichbar und diese sind wiederum nur durch Verminderung des bei uns höchsten Kostenfaktors – menschliche Arbeit – also Wegationalisierung von Arbeitsplätzen zu erzielen. So überstieg in den Jahren seit 1970 der Produktivitätsfortschritt laufend den Produktionszuwachs, was einer sinkenden Beschäftigungszahl entspricht. Man sieht, Wachstum allein tut es freilich nicht, es kommt auf die Ursache des Wachstums an.

## Was wird die Zukunft bringen?

Selbst wenn man mit einem verkürzten *Kondratieff-Zyklus* rechnet, kann man nach der historisch abgeleiteten Phasenlage eine neue Prosperitätsperiode als Folge der Innovation von echten Basis-Erfindungen erst um die Jahrtausendwende erwarten. Sie können mit Recht darauf hinweisen, daß, wenn die Einführung einer Basis-Erfindung etwa 20 bis 30 Jahre dauert, wir schon heute eine Ahnung haben müßten, um welche Basis-Erfindungen es sich handeln könnte. Wir leben ja 22 Jahre vor dem Jahre 2000.

## Energiequellen

Die Bedeutung der ausreichenden und billigen Energieversorgung für das wirtschaftliche Geschehen, soweit wie irgend möglich ohne Belastung der Umwelt, ist mit Recht in der Öffentlichkeit betont worden. Ich glaube deshalb, es ist nicht zu kühn, wenn man unter vielen anderen als eine der grundlegenden Innovationen des neuen Jahrtausends den Fusionsreaktor ansehen würde. Mit dem Entstehen dieser fast unerschöpflichen atommüllfreien Energiequelle, die auf fast allen Gebieten auch außerhalb der Elektrizitätserzeugung bisher nicht vorhandene Möglichkeiten schafft, entstehen völlig neue Aufgaben, deren geistige und materielle Realisierung einen immensen wirtschaftlichen Anstoß hervorruft, wie er von echten Basis-Erfindungen ausgeht.

Daß wir mit der Existenz des Fusionsreaktors realistische Annahmen nicht verlassen haben, konnten wir vor wenigen Wochen einer Meldung aus Princeton, New Jersey (USA) entnehmen. Dort ist es in einem Fusionsversuchsreaktor der Bauart Tokamak, wie sie auch in Garching bzw. von der europäischen Gemeinschaft verfolgt wird, gelungen, die erforderliche Reaktionstemperatur von 60 Millionen Grad von Deuterium und Tritium für etwa 1/10 Sekunde zu erreichen. Damit sind erstmalig die Ausgangsbedingungen, das sogenannte *Lawson-Kriterium*, für eine positive Energiebilanz eines Fusionsreaktors in greifbare Nähe gerückt.

Für den Fachmann war dies eine Sternstunde, aber welcher sonstige Mitbürger hat von diesem epochalen Augenblick überhaupt etwas gehört und verstehen können, welche Bedeutung dieses Ereignis für die Energieversorgung der Welt hatte. Dazu kommt noch, daß die Menge der nuklearen Schadstoffe, die bei der Fusion entstehen, nur ein Millionstel von denen der Kernspaltung, dem Vorgang in unseren heutigen Reaktoren, beträgt. Bemerkenswert für unsere vorhergehende Betrachtung ist, daß auch von Seiten der amerikanischen Wissenschaftler ein Zeitbedarf von etwa 30 Jahren angegeben wird, bis Fusionsreaktoren kommerziell Strom erzeugen. Diese Zahl ist uns schon bestens bekannt aus dem historischen Ablauf für die Innovation auch anderer echter Basis-Erfindungen.

## Bessere Energie-Umformungsprozesse

Aber nicht nur bei der Energieerzeugung, sondern auch bei der Energieverwendung stehen wir vor einer Situation, die kategorisch eine Verbesserung der Wirkungsgrade verlangt. Besonders ungünstig sind unsere Umformungsprozesse von chemischer Kraftstoffenergie in mechanische Arbeit, wie sie zur Stromerzeugung, in Verbrennungsmotoren aller Art, eingeschlossen die unserer Automobile, stattfinden. Wenn man die Art unserer heutigen Kraftstoffe und die Baumaterialien unserer Motoren in Betracht zieht, steht uns z.Z. kein anderes Umformungsverfahren zur Verfügung als das in den obigen Maschinen benutzte und durch die nicht zu umgehende *Carnotsche* Gesetzmäßigkeit im Wirkungsgrad beschränkte.

Ein *Carnot*-freies Umformungsverfahren und damit eines mit höherem Wirkungsgrad ließe sich in der Brennstoffzelle durchführen und wäre eine echte Basis-Innovation. Der geeignete Kraftstoff dafür wäre Wasserstoff. Aber das ist auf der Erde kein natürlicher Kraftstoff und die Energie zu seiner künstlichen Erzeugung in entsprechendem Umfang durch die Zersetzung von Wasser steht uns selbst unter Berücksichtigung der heutigen Nuklear-Technik in Form der Kernspaltung nicht zur Verfügung. Mit der Kernfusion dagegen wären diese Schwierigkeiten überwindbar.

## Neue Energieträger

Auch auf dem Gebiet der nicht nuklear energetischen Wasserstoff-erzeugung sind Innovationen zu erwarten. Halbleiter aus Titan- bzw. Platinoxid, mit Wasser benetzt, spalten bei Sonnenbestrahlung den Wasserstoff vom Sauerstoff nach dem *Honda-Fujishima-Effekt* [5]. Hieran wird in Japan gearbeitet und USA-Forscher fanden heraus, daß unter Anwesenheit eines Triruthenium-Dodekakarbonsyl-Katalysators die Gewinnung von Wasserstoff aus der Reaktion von Kohlenmonoxid mit Wasserdampf schon bei wenig über 100 °C gelingt [6]. Wir begegnen hier mehreren zukünftigen Innovationen ähnlicher Art, was durchaus verständlich und koinzident ist, da ja der Wasserstoff nicht nur als Energieträger für z.B. Brennstoffzellen zu sehen ist, sondern an die Stelle der heute verwendeten Kohlenwasserstoffe treten würde. Zugleich wäre damit auch eines der kritischsten Umweltprobleme in Form der Belastung der Atmosphäre mit den nicht rezyklierbaren Verbrennungsprodukten in Form von C, CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> der Kohlenwasserstoffe und der Kohle im wesentlichen gelöst.

Diese Entwicklung der Wasserstoff-Technologie ist typisch für die Sicht des Gesamtzusammenhangs. Es geht hier nicht um die Energiequelle als solche oder die Erfüllung eines partikulären Forschungsstraums, hier wird die Menschheit von einem drückenden Problem befreit.

In der heutigen Energiedebatte wird ja oft nicht erwähnt, daß hinsichtlich der plötzlichen Mehrbelastung der Ökosphäre durch das CO<sub>2</sub> der Abgase der Kohle-, Gas- und Öl-Kraftwerke, die viele Mitbürger der nuklearen Stromerzeugung mehr gefühlsmäßig als wissend vorziehen, die Gefahr der Klimaveränderung durch CO<sub>2</sub>-Anreicherung der Lufthülle der Erde besteht. Das wird heute vielfach ebenso wenig bewertet wie die Tatsache, daß bei der Verbrennung von 1 Liter schwerem Heizöl 7 Liter Schwefeldioxid entstehen – bei Kohle analog –, die in der Atmosphäre zu Schwefelsäure wird und dann als Säureregen, z.B. in Norwegen, zu einem unerklärlichen Fischsterben führt; desgleichen, daß ein in Betrieb befindliches Steinkohlenkraftwerk in seiner Umgebung zu dem 100fachen Strahlenrisiko führt, verglichen mit einem heutigen nuklearen Kraftwerk gleicher Leistung. Die Abwägung der Risiken ist sicherlich schwierig, aber hier wird meist unter Auslassen des Blicks auf das Gesamtsystem debattiert und entschieden.

Die Wasserstoff-Technologie entspricht auch aus einem weiteren Grunde einer echten Entwicklungslogik.

Die Urmaterie, und man kann auch sagen der Urbrennstoff des Weltalls, ist im wesentlichen Wasserstoff gewesen, aus dem alle die existierenden 92 Elemente auch unserer Welt durch nukleare Reaktionen entstanden sind. Die Menschheit benutzte als Energieträger zunächst Kohle, in der das Atomverhältnis von Wasserstoff zu Kohlenstoff nur wenig von 0 abweicht. Es folgten die Kohlenwasserstoffe mit einem H-C-Verhältnis zwischen 1 und 2,25. Methanol als zukünftiger schon nicht mehr natürlicher Kraftstoff besitzt das Atomverhältnis von 4. Das heißt, die Zahl der Wasserstoffatome in den Molekülen unserer Energieträger nimmt immer mehr zu. Wenn es dann erst gelingt, die alles Leben spendende Sonnenreaktion – die Fusion von Wasserstoffisotopen zu Helium – in ihrem Umfang zu beherrschen und auf der Erde stattfinden zu lassen, dann steht der Menschheit auch als Krönung des Bemühens, die Verfahren der Natur nachzuvollziehen, der Urenergieträger, d.h. der Wasserstoff, zur Verfügung. Das ist der logische Schlußschritt und wir sind im Begriff, ihn zu tun. Vielleicht täuschen wir uns bloß noch über die Zeitspanne, in der wir ihn vollenden können. Wahrscheinlich wird noch eine Periode der landwirtschaftlichen Alkoholerzeugung in dem tropischen Gürtel unserer Erde der Periode der Verwendung von nur Wasserstoff vorgeschaltet. Aber auch Methanol als Energieträger gäbe bei gleicher Energiefreisetzung nur die Hälfte der CO<sub>2</sub>-Menge und überhaupt kein Schwefeldioxid in die Atmosphäre ab.

## Verwendung der Sonnenenergie

Schon diese genannten, in ihrer Innovationsperiode befindlichen neuen Technologien enthalten eine enorme Zahl von Aufgaben und werden alten Industrien neue Anstöße geben und neue entstehen lassen. Damit ist ja eben ihr nachhaltiger Einfluß auf das konjunkturelle Geschehen begründet. Aber wir können sicherlich fast noch ebenso bedeutungsvolle Innovationen auf anderen Gebieten voraussehen. Z.B. kann heute die Direktverwandlung von Sonnenlicht mit Hilfe von Silizium-Solarzellen in elektrischen Strom bei einem Preis von 40000 DM/kW nur in Sonderfällen wie zur Satellitenstromversorgung verwendet werden. Mit etwa dem gleichen Wirkungsgrad von 10 bis 20 % gelingt dies aber auch mit Kadmiumsulfid-Tellurid Dünnschichtzellen, deren Herstellung nur etwa 1300 DM/kW kostet, also nicht viel mehr, als was für das kW eines thermischen Kraftwerkes aufgewendet werden muß [7, 8].

Die Innovation einer solchen Basis-Erfindung würde unser gesamtes Stromversorgungssystem verändern. Das heißt, nicht nur die industrielle Realisierung der Erfindung selbst, sondern auch ihre Ergänzung zu dem kompletten System gibt den langdauernden Impuls einer Basis-Erfindung, wie wir ihn historisch von z.B. der Eisenbahn oder dem Transistor erlebten.

Die unmittelbare Umwandlung von Sonnenenergie in elektrischen Strom ist vor allem wegen der Verwendungsmöglichkeit vorhandener Infrastrukturen und Verwertungstechnologien, die meist

sehr gute Wirkungsgrade haben, so interessant. Denn nicht nur die Energieerzeugung, auch die Verteilung muß im Hinblick auf das Gesamtsystem energetisch betrachtet werden.

Die Landwirtschaft ist seit Jahrtausenden sicherlich der größte Benutzer von Solarenergie. Die Größenordnung der ausgenutzten Sonnenenergie ist erstaunlich.

Wenn man der Einfachheit halber für die Bundesrepublik Deutschland nur mit Weizenanbau rechnet und Hektarerträge von 4,3 t Körner annimmt, würden ca. 13,3 t Trocken-Substanz einschließlich Stroh und Wurzeln je Hektar entstehen. Bei einem mittleren Heizwert von 15000 kJ/kg Trockensubstanz und 13 Mio. ha Anbaufläche entspräche der gesamte Ernteertrag einer Wärmemenge über  $2,564 \cdot 10^{15}$  kJ/a oder, auf Öl umgerechnet, 62 Mio. t Öl. Das ist mehr als die Hälfte der Mineralölmenge, die die Bundesrepublik jährlich verbraucht.

Vergleicht man diese Zahl mit der in unseren Breiten eingestrahlten Sonnenenergie von 36 Milliarden kJ/a ha, dann entspricht allerdings die "geerntete Wärmemenge" nur 0,55 % davon. Um diese Solarwärmemenge zu ernten, müssen nur knapp 10 % davon für Bestelungs-, Ernte- und Verarbeitungsvorgänge in Form von Öl aufgewendet werden. Die Bilanz bleibt also positiv bis hierher. Sie wird nach Untersuchungen für US-Verhältnisse erst negativ, wenn die Energieaufwendungen für Transport, Lagerung, Verteilung und Zubereitung im Haushalt miteinfaßt werden.

Trotz der biologisch niedrigen Wirkungsgrade aber bleibt die Ausnutzung der Sonnenenergie durch landwirtschaftliche Erzeugung flüssiger Kraftstoffe im tropischen Gürtel der Erde und die Bewirtschaftung tropischer Wasserflächen – Aquakulturen – zur Proteinerzeugung eine hochinteressante Zukunftsaktivität.

Letzteres wird durch den Umsetzungswirkungsgrad bei der Verfüterung des pflanzlichen Proteins in tierisches Protein deutlich [9]. Bei Weidekulturen erreicht man pro ha und Jahr etwa 150 kg tierisches Protein. Bei Verfüterung der Alge *Scenedesmus acutus* hofft man, nach erforderlicher Anpassung 3700 kg je Hektar und Jahr erzielen zu können.

Das sind Innovationen für die natürliche Proteinerzeugung, aber auch der Einsatz von künstlichem Protein für die Ernährung wird eine Innovation in den Jahren um 2000 darstellen. Das Verfahren, aus 1 t Öl 1 t Eiweiß herzustellen, ist schon erfunden und deutet an, in welcher Weise in späteren Jahren die Ölreserven verwendet werden müssen, anstatt sie nur zu verbrennen.

## Neue Metallegierungen – künstliche Materie

Eine Erschöpfung unserer derzeitigen natürlichen metallischen Werkstoffe ist bis zum Ende des Jahrtausends nicht zu erwarten, denn ihre Gewinnung aus der Erdkruste, auch unter den Ozeanen, wird bis dahin technologisch gelöst sein. Aber auch neue, bisher nicht bekannte Metallegierungen werden uns zur Verfügung stehen, die erst dadurch herstellbar sind, daß man sie im Weltraum verschmelzen kann [10]. Der Unterschied der Dichte, beispielsweise von flüssigem Aluminium und flüssigem Blei, wirkt im Bereich der Erdschwere so stark entmischend, daß eine Legierung nicht möglich ist. Im schwerelosen Zustand tritt keine Entmischung auf.

Inwieweit Erkenntnisse der nuklearen Astrophysik über die Entstehung der Elemente sich schon für eine nächste Prosperitätsperiode anstoßend auswirken können, ist fraglich. Die Innovationszeit für eine atombauende Technologie zur künstlichen Erzeugung von Materie im Nachvollzug der natürlichen Entstehungsvorgänge dürfte doch weiter in das neue Jahrtausend hineinreichen, aber die Erfüllung des alten Alchimistentraums, Gold herzustellen, ist mit dem Teilchen-Beschleuniger Unilac in Darmstadt nun schon gelungen [11]. Auf  $1,8 \cdot 10^9$  eV beschleunigte Uranionen, gegen eine Scheibe aus Uranmetall (Ordnungszahl 92) geschossen, ergaben auf dieser Goldkerne (Ordnungszahl 79) [10]. Sollte dieser Versuch die gleichen Folgen haben wie *Otto Hahns* erste Kernspaltung 1938? Im Jahre 2000 werden wir es wissen.

## Mikroelektronik

Eine solche Aufzählung von möglichen Innovationen läßt schon die prosperitätsschaffende Ballung ahnen und tut es noch viel mehr, wenn die Elektronik einbezogen wird. Schon heute hat uns die Elektronik immer wieder mit neuen Möglichkeiten überrascht, aber der große Durchbruch, der die Zukunft zur Welt der Elektronik werden lassen soll, kommt erst mit den miniaturisierten integrierten Schaltungen. Die Steuerung und die selbständige Anpassung von Verfahrensabläufen an beliebig variable Bedingungen in Werkzeugmaschinen, chemischen Anlagen, Automobilen, Geräten des Alltags usw. werden durch Mikroprozessoren so vervollkommen, daß man sich fragen wird, ob es nicht doch Verstand ohne organische Gehirns substanz gibt. Ein Charakteristikum der integrierten Schaltungen ist die Packungsdichte, d.h. wieviel Bauelemente auf einer definierten Oberfläche untergebracht werden können. Das menschliche Gehirn besitzt 10 bis  $15 \times 10^9$  Nervenzellen, vergleichbar mit der Zahl möglicher Funktionen, auf  $250\,000 \text{ mm}^2$ , also ca.  $40\,000$  bis  $60\,000 \text{ mm}^{-2}$  [12]. Pro  $\text{mm}^2$  Silizium-Chip-Fläche einer integrierten Schaltung eines Mikroprozessors bringt man heute über 1 000 Bauelemente unter. 1980 werden es 25 000 sein, und es zeichnet sich schon ab, daß später die Packungsdichte des menschlichen Gehirns erreicht oder gar überschritten werden kann. Die Anwendungsmöglichkeiten, die sich im Laufe dieser Entwicklung ergeben werden, stellen schätzungsweise ein jährliches Umsatzvolumen von 14 Milliarden DM und damit ein Arbeitsvolumen von ca. 164 000 Mannjahren dar [13].

Das ist eine sicherlich sehr erwünschte Auswirkung dieser neuen Technologie. Andererseits muß man sich aber auch im Sinn der Gesamtbetrachtung hier ganz besonders fragen, wieviel Arbeitsplätze durch die Anwendung der Mikrocomputertechnologie überflüssig werden.

Entwicklungen dieser Art entstehen heutzutage meist aus dem kategorischen Zwang, Arbeitskosten zu sparen, da diese zu dem bestimmenden Faktor der Preisbildung für ein Produkt geworden sind und darüber entscheiden, ob dieses Produkt bei uns noch zu dem erzielbaren Marktpreis hergestellt werden kann oder nicht. Das letzte Mittel, um die Arbeitsplätze wenigstens teilweise zu erhalten, liegt dann in der Rationalisierung durch neue arbeitsplatzeinsparende Technologien, die oft dann durch Preiskampf und Wettbewerb über das Maß hinaus wuchern, das als erwünscht und nützlich angesehen werden kann im Hinblick auf das gesamte Wirtschaftsgeschehen, das die Auswirkung solcher Vorgänge auf die Erhaltung der Arbeitsplätze einschließen muß.

## Die Folgen

Hier wird das Problem unseres industriellen Zeitalters offenbar, dessen Menschen die offensichtlich unabänderliche Lebenszielsetzung haben, daß der Umfang des Besitzes und des Konsums materieller Güter der Größe des erreichbaren Lebensglücks verhältnismäßig sei.

Dieser Druck nach immer mehr, hat unabhängig von der betrachteten sozialen Ebene das Streben nach höherem Verdienst zur Folge, und da der Marktpreis für ein Produkt besonders für ein Land, das mit der Welt im Wettbewerb steht, beschränkt ist und dementsprechend nur einen beschränkten Verdienstwunsch abdecken kann, ist der Ruf nach arbeitseinsparenden Technologien — und der Mikroprozessor ist zweifellos eine sehr bedeutsame dieser Art — übermäßig groß, obwohl er sich offensichtlich gegen den arbeitenden Mensch selbst richtet. Es ist in diesem circulus vitiosus also letzten Endes der Mensch selbst mit seinen materiellen Lebenszielen das antreibende Moment und nicht die Technik, die der Forderung nach arbeitseinsparenden Technologien nachkommt.

Man muß als Ingenieur zur Überzeugung kommen, daß der Mensch wohl die Technik, auch die wuchernde Großtechnik, welche Aufgabe sie sich auch stellen mußte, beherrschen, ändern und anpassen kann, daß es ihm aber nicht gelingt, sich selbst in seinen Le-

benszielen zu ändern. Solange das nicht erreichbar ist, sind alle diese schönen und richtigen Vorschläge für einfachere Technologien — soft technology —, Verbote von technischen Entwicklungen, Verzicht auf Fortschritt und Wachstum ohne Aussicht auf Erfolg, weil die Rechnung mit den Zielen des einzelnen Menschen nicht aufgeht.

Die Größe der anstehenden Aufgaben kann nur schockieren. Für den Naturwissenschaftler und Ingenieur ist es noch am einfachsten, da er für seine Gebiete einen logischen Weg sieht. Aber was nützen alle Erfolge auf dem technischen Gebiet angesichts der in der Überzahl vorhandenen Mitbürger, die mangels Ausbildung, mangels Unterrichtung und Einsicht nicht das gleiche Verständnis für die Notwendigkeit solcher Gesamtentwicklungen besitzen können und deshalb nicht zur Mithilfe bereit sind oder sogar durch unsachliche Unterrichtung zu einer abneigenden Haltung veranlaßt werden, die letzten Endes nur ihnen selbst schadet. Aus dieser Erkenntnis keine Konsequenzen zu ziehen, wird auch der Einzelne in den kommenden Jahren nicht verantworten können.

Es ist auch sicherlich zu eingeschränkt, wenn immer nur von den Naturwissenschaftlern und Ingenieuren gesprochen wird. Es sind hier so viele Fakultäten, vor allem auch die Politiker, angesprochen, bei der zukünftigen unabdingbaren anderen Ordnung des Verhältnisses der Menschen, ja der gesamten Menschheit, zu den noch möglichen Lebenszielen in ihrer beschränkten Welt zu helfen. Der Weg dahin wird oft mit einem Krieg verglichen, aber während in der Vergangenheit diese kriegerischen Beschränkungen nur die beteiligten Völker betrafen und bei diesen akzeptiert werden mußten, käme in diesem zukünftigen, nennen wir es Krieg der Menschheit gegen ihre eigenen Ansprüche, die Notwendigkeit auf uns zu, weltweit akzeptierte Begrenzungen zu erreichen. Dafür gibt es keine Vorbilder, ja nicht einmal Vorstellungen, wie so etwas erreicht werden könnte. Wir benötigen deshalb auf dem Gebiete der Weltvernunft sehr bald neben moralischen und anderen auch politische Basis-Erfindungen. Sehr bald deshalb, weil wir diesen aufgrund ihrer Komplexität mindestens die gleiche Reifezeit von etwa 30 Jahren bis zu ihrer Innovation zugestehen müssen, wie wir sie auch für die technischen Basis-Erfindungen kennengelernt haben. Man könnte vielleicht Institutionen wie das Straßburger Parlament oder das geplante Europäische Parlament, die UNO oder auch die Brüsseler Organe der Europäischen Gemeinschaften als erste Schritte politischer Erfindungen dieser Art ansehen.

## Kreativität — Antwort auf Zukunftsfragen

Für jede dieser Erfindungen, welches Gebiet sie auch betreffen, ist Kreativität erforderlich und nicht nur für den ersten Schritt zu der kreativen Idee, sondern auch für die lange und niemals rückschlagsfreie Innovationsperiode. Warum und wann eine Erfindung in einem menschlichen Gehirn entsteht, ist auch Freud vor 50 Jahren ein psychologisches Rätsel gewesen. Leider ist bisher Kreativität nicht beliebig hervorrufbar, so bedeutend das auch für uns wäre. In den Vereinigten Staaten bildete das Erscheinen des russischen Sputniks als ein spektakuläres Beispiel einer außeramerikanischen Überlegenheit, den Anlaß für eine intensive Forschung über Kreativität. Auch in der Bundesrepublik beschäftigen sich, seitdem die Prosperität vorbei ist, Psychologen — beauftragt von Wirtschaft und Staat — mit diesem Phänomen.

Die bisherigen Ergebnisse sprechen gerade die naturwissenschaftliche und zum rationalen Denken erzogene Seite wenig an, aber auch die eigenen Arbeiten der Ingenieure in gleicher Richtung waren noch nicht sehr überzeugend. Man kann vieles managen, aber nicht die schöpferische Tat. Die vielbewährte Teamarbeit kann wohl anregen, nachempfinden und in Folgeschritten kreativ sein, aber der schöpferische Akt bleibt eine Leistung des Individuums. Kreativ zu sein ist die wertvollste Gabe, die das Geschick einem Sterblichen in die Wiege legen kann. Allerdings ahnen wir heute, daß Kreativität den Menschen viel häufiger mitgegeben ist, als sie später in Erscheinung tritt. Kleine Kinder sind vielfach in ihren Spielen erstaunlich kreativ, aber wenn sie älter werdend die Fülle

der zivilisatorischen Errungenschaften ihrer scheinbar fertigen und vollkommenen Umwelt wahrnehmen, ist es diese Fülle, die das Kreative verschüttet, wenn es nicht dominierend stark ist. Das Kreative ist nicht unmittelbar greifbar, gegenwärtig und betätigbar wie ein Muskel, sondern entspringt einem subtilen, innermenschlichen Vorgang. Wie es *Matussek* schildert [14], besteht er in der Zwiesprache des Ichs mit dem Selbst. Das stets größere Selbst ist das Reservoir, aus dem das Ich schöpfen kann, aber das Ich kann zu seinem Selbst nur gelangen und es wahrnehmen, wenn es — ich zitiere wieder *Matussek* — von den Ich-fütternden Reizen Abstand genommen hat. Das ist zumindest für uns Ingenieure eine nicht leicht zu befolgende Regel zum Handeln, aber gerade deshalb ist es auch beruhigend, weil uns hier wieder deutlich wird, daß die menschlichen Fähigkeiten und besonders diese so wertvolle, über die wir hier sprechen, nicht nur eine Frage der Packungsdichte der Gehirnzellen ist, sondern ihren Schlüssel offenbar in dem biblischen Wort hat: "Und Gott schuf den Menschen nach seinem Ebenbild". Wir werden es vielleicht erreichen, denkende Computer zu schaffen, aber Kreativität ohne Seele wohl nie. Aber auch das ist nur eine Hoffnung.

Dabei möchte ich noch ein Wort zu dem Wunsche nach Förderung der Kreativität sagen. Diese, in ihrem Wesen uns noch geheimnisvolle Kraft, deren historisch erwiesene Auswirkung versucht wurde vor Augen zu führen, scheint in unserer wirtschaftlichen Situation nicht nur eine zusätzliche, sehr wirkungsvolle Hilfe darzustellen, sondern die Tatsache, daß diese Kraft zwar immer existent war, aber in ihrer wirtschaftlichen Auswirkung erst in den letzten 25 Jahren in unser Bewußtsein kam, weist uns auf den wachsenden Stellenwert des Geistigen hin.

Im Bewußtsein unserer heutigen Gesellschaft, aber auch schon früher, ist die Bedeutung des schöpferischen Geistes in der Technik durch dessen Auswirkung im Materiellen völlig überwuchert und deshalb vergessen worden. Das kommt sehr gut zum Ausdruck in einer Ihnen allen wohlbekannten These.

Die Gewerkschaftsbewegung im industriellen Zeitalter leitete ihre Forderung auf eine gerechte Bewertung der Arbeit aus der Feststellung von *Adam Smith* ab, daß nicht das Kapital allein, das die Produktionsmittel schafft, das Entstehen der wirtschaftlichen Leistung für sich in Anspruch nehmen kann, sondern daß dies dem gleichwertigen Zusammenwirken von Kapital und Arbeit zustehe. Unter Arbeit haben die Gewerkschaften ihren Aktionen entsprechend nur die Handarbeit verstanden, und *Adam Smith* konnte zu seiner Zeit auch an nur diese gedacht haben. Betrachtet man die nahe Vergangenheit, wie wir es taten, und die Zukunft, dann kommt man zur Überzeugung, daß heute in der obigen Formel ein sehr wesentliches Glied fehlt, nämlich der Geist. Richtig sollte sie heute lauten: Kapital + Arbeit + Geist ist das, was die Wirtschaft in Gang hält, und unter Geist ist vor allem die kreative Tätigkeit zu verstehen, deren Ergebnisse ein Industriestaat mit hohem Lohnniveau viel besser exportieren können als Produkte wohlbekanntesten Technologiegehaltes, die andere billiger produzieren.

Unsere Berufsbezeichnung "Ingenieur" leitet sich vom lateinischen "ingenium", d.h. Geist, her. Geist wirkt sich in einer riesigen spektralen Vielseitigkeit im technischen Schaffen aus, dessen Leistungsbefriedigung aber sowohl in der Idee wie in deren materieller Realisation liegt. Dieser Bivalenz zu unterliegen, läuft selbst der Ingenieur Gefahr, wenn er sich in der Freude über die Realisation und deren scheinbare Vollkommenheit von dem geistigen Weiterdenken abbringen läßt. Aber unsere Zukunft und damit auch unsere Pflicht liegen in der geistigen Produktion und deren Spitze in der kreativen.

Denken ist eine Arbeit, die wir mehr denn je auf allen Gebieten übernehmen müssen, um unsere Zukunft zu meistern.

### Schrifttum

Bücher sind durch ● gekennzeichnet

- [ 1 ] Institut für Demoskopie Allensbach: Befragung von Personen über 16 Jahren. Allensbach 1976.
- [ 2 ] ● *Meurer, J.S.*: Die soziale Verantwortung des Ingenieurs in der Industrie. Technik und Gesellschaft 3, S. 115 ff, München: Verlag Dokumentation 1974.
- [ 3 ] ● *Schumpeter, I.A.*: Konjunkturzyklus II. Göttingen: Vandenhoeck und Ruprecht 1961.
- [ 4 ] ● *Mensch, G.*: Das technologische Patt. Frankfurt: Umschau-Verlag 1975.
- [ 5 ] *Honda, K. u. A. Fujishima*: Bericht Fakultät für Ingenieurwesen Universität Tokio.
- [ 6 ] *Laine, R., R. Rinker u. P. Ford*: Stanford University, Stanford, California.
- [ 7 ] *Bube, R.H.*: Proceedings of the Society of Photo-Optical Instrumentation Engineer, Bd. 114, August 23/24 (1977) Stanford University Stanford, California.
- [ 8 ] *Bube, R.H., F. Buch, A.L. Fahrenbruch, Y.Y. Ma u. K.W. Mitchell*: Photo voltaic energy conversion with n-CdS-p-CdTe heterojunctions and other II-VI junctions. IEEE Transactions on Electron Devices Vol. ED 24 (1977) No. 4.
- [ 9 ] *Parker, R.*: 2000 Revue de l'Aménagement du Territoire 31, quai Voltaire 75340 Paris Cedex 07 No. 40 3. trimestre 1977 S. 7 ff.
- [ 10 ] Spacelab-Programm, TEXUS I — Experiment unter Leitung von Prof. *Hans Allborn*, Universität Hamburg.
- [ 11 ] Gesellschaft für Schwerionen-Forschung Darmstadt: Versuche mit dem Beschleuniger Unilac.
- [ 12 ] ● *Ditfurth, H. v.*: Der Geist fiel nicht vom Himmel. S. 32. Hamburg: Hoffmann und Campe 1976.
- [ 13 ] *Katholnig, G.*: Die Zukunft, eine Welt der Elektronik. VDI-Nachrichten Bd. 31 (1977) Nr. 6.
- [ 14 ] ● *Matussek, P.*: Kreativität als Chance. München: R. Piper u. Co. 1974.