Über die Zukunft der Technik: gekürzte Fassung eines Referats (…) an der Séance de Réflexion der Schweizerischen Akademie der technischen Wissenschaften (SATW)

Autor(en): **Speiser, A.P.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **106 (1988)**

Heft 38

PDF erstellt am: **28.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-85805

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Über die Zukunft der Technik

Gekürzte Fassung eines Referats, gehalten am 6. Mai 1988 an der Séance de Réflexion der Schweizerischen Akademie der technischen Wissenschaften (SATW)

Kann man die Zukunft voraussagen? Die Wissenschaft gibt auf diese Frage eine klare Antwort: Man kann es nicht, Propheten gibt es nicht. Sogar in jenen Bereichen, die menschlicher Willkür entzogen sind, gibt es eine exakte Voraussage nur dort, wo einfache Vorgänge von einfachen Naturgesetzen geleitet werden. Dazu gehört die Himmelsmechanik: Die Prognose, dass morgen die Sonne zu einer bestimmten Zeit aufgehen wird, ist sicher richtig; und in den astronomischen Jahrbüchern sind Sonnen- und Mondfinsternisse sekundengenau vorausgesagt, und niemand zweifelt, dass es wirklich so kommen wird. Sobald die Vorgänge indessen komplizierter werden, wird die Unsicherheit grösser. Den Eintritt von Erdbeben und Überschwemmungen zu kennen, wäre von grossem Wert - es ist nicht möglich. Zusätzliche, grosse Unsicherheiten entstehen, wenn der Gang der Dinge durch menschliches Handeln bestimmt wird.

VON A. P. SPEISER, BADEN

Die Beurteilung der Zukunft erfordert eine sorgfältige Beobachtung der Vergangenheit. Merkmale, die während zwei oder mehr Jahrzehnten bestätigt wurden, haben eine gute Aussicht auf Fortbestand. Ein Rückblick auf die vergangenen Jahrzehnte zeigt, dass die Mehrzahl der Gebiete, die den technischen Fortschritt tragen, in zwei deutlich verschiedene Kategorien eingeordnet werden kann. Auf den Gebieten Verkehr und Energie ist der technische Fortschritt langsam. Die wesentlichen Messgrössen für den Stand der Technik wie Leistungen, Wirkungsgrade, Grössen, Gewichte haben Zuwachsraten von wenigen Prozenten pro Jahr, dementsprechend Verdoppelungszeiten von zwanzig oder sogar mehr Jahren. Daher sind Prognosen über ein oder zwei Jahrzehnte relativ leicht zu machen, und sie enthalten einen geringen Grad von Unsicherheit. Über das Aussehen der Autos, der Bahnen, der Schiffe, der Elektrizitätsversorgung im Jahr 2000 haben wir klare Vorstellungen, und es ist kaum anzunehmen, dass wir damit Irrtümern unterliegen. Am anderen Ende der Skala stehen all jene Gebiete, die durch die *Mikroelektronik* geprägt werden, und dazu gehören in erster Linie *Informatik* (also Computertechnik) und *Nachrichtentechnik*. Man fasst sie mit dem Begriff Informationstechnologien zusammen. Hier ist der Fortschritt seit Jahrzehnten ausserordentlich schnell. Zuwachsraten der wesentlichen Messgrössen, wie etwa Anzahl Elemente auf einem Chip oder Leistung eines Grosscomputers, können zwanzig oder mehr Prozent pro Jahr erreichen, und deshalb gehören Verdoppelungszeiten von drei Jahren geradezu zum Normalfall, das bedeutet eine Verzehnfachung in 10 Jahren. Eine Verzehnfachung in der Technik schafft aber grundlegend andere Voraussetzungen, über die man vorausblickend nur ganz ungenaue Vorstellungen entwickeln kann. Eine detaillierte Prognose über die Mikroelektronik und ihre Anwendungen im Jahr 2000 ist nicht möglich - ein Versuch, eine solche zu verfassen, wäre eine reine Science-Fiction-Arbeit.

Die Mikroelektronik als erstrangiger Wirtschaftsfaktor

In den abgelaufenen zehn Jahren sind die Mikroelektronik und ihre Anwendungen in der Informatik und der Nachrichtentechnik zu einem erstrangigen Wirtschaftsfaktor geworden. In der Tat hat man das Silizium (die Basissubstanz der Mikroelektronik) als den *«neuen Stahl»* bezeichnet: Es spielt eine ähnliche Rolle wie der Stahl im letzten Jahrhundert, dessen Herstellung eine hohe Technologie war und dessen Anwendungen im Eisenbahnwesen und im Maschinenbau die Grundlage einer rasanten wirtschaftlichen Entwicklung abgaben. Heute ist der Baustein der Mikroelektronik, der integrierte Schaltkreis, der IC oder das Chip, nicht nur die Basis der Computer- und der Nachrichtentechnik, er dringt in viele andere Bereiche ein, die ehemals nichts mit Elektronik zu tun hatten. Heute gibt es kein Auto und keine Bergbahn, ja kaum noch einen Skilift ohne Mikroelektronik. Sie ist zu einer Basistechnologie und damit zu einem erstrangigen Wirtschaftsfaktor geworden.

Wer auf die Mikroelektronik verzichtet, verzichtet auch auf den technischen Fortschritt. Der Unternehmer beispielsweise, der weiss, dass erfahrene Konstrukteure vom alten Schrot und qualitätsbewusste Facharbeiter in der Maschinenfabrik immer gebraucht werden, und der glaubt, allein unter Nutzung dieser Potentiale auch in der heutigen Zeit ein Marktbedürfnis zu befriedigen, wird schmerzlich eines Besseren belehrt werden.

Die Zukunft der Energietechnik

Unter dem Titel «Zukunft der Technik» ist es sicher am Platz, auch über die Zukunft der Energietechnik etwas zu sagen - es ist unerlässlich, angesichts des wichtigen Platzes, den die Energietechnik in unserer Volkswirtschaft einnimmt.

Die industrielle Nutzung der Energie mit dem Ziel, die Lebensverhältnisse der Menschen zu verbessern, nahm mit der Erfindung der Dampfmaschine durch James Watt im Jahre 1765 ihren Anfang. 200 Jahre lang hatten die Kosten der Energie verglichen mit anderen Kosten abnehmende Tendenz. Dieses Zeitalter nahm im Oktober 1973 ein abruptes Ende. Das Zeitalter der sorgenfreien und billigen Energie wird vermutlich nicht wiederkehren.

Auch heute haben wir Energiesorgen, aber sie haben eine ganz andere Wurzel. Die Energiekrise der 70er Jahre wurde erzeugt durch die hohen Erdölpreise, die die Volkswirtschaften ins Unleichgewicht brachten und die riesige weltweite Geldströme in neue und ungewohnte Richtungen leiteten, und durch die Überzeugung, dass die Erdölvorräte nur noch wenige Jahrzehnte reichen würden, dass also die Substitution des Öls eine Überlebensfrage darstellt. Diese beiden Erwägungen sind heute ganz im Hintergrund: Erdöl ist wieder billig, und es hat wieder genug davon. *Heute sind es die Umweltfragen*, die die Energieszene beherrschen. Die

aktuellen Stichworte heissen heute Waldsterben, Katalysator, Tschernobyl, nuklearer Abfall, Rauchgasentschwefelung - das alles sind Themen, die mit einer Erschöpfung von Ressourcen nichts zu tun haben.

Wie sieht die Zukunft aus? Wir alle wissen sehr wohl, dass 98% der Energie, die wir brauchen, aus fünf grossen Quellen stammt: Erdöl, Erdgas, Kohle, Wasserkraft, Kernbrennstoff. Über die Ressourcen brauchen wir uns vorläufig keine Sorgen zu machen, alle diese Quellen werden auf lange Zeit hinaus weiter fliessen.

Neue Verfahren und neue Prozesse der Umwandlung werden erforscht. Aber ein Verfahren oder ein Prozess, dessen Eigenschaften im Laboratorium erprobt und bestätigt sind, braucht bis zum Erreichen der grosstechnischen Verwirklichung ein oder eher zwei Jahrzehnte, und wenn eine grundlegend neue Idee auftaucht, so kommen nochmals zwei Jahrzehnte hinzu. Wir können daher mit Sicherheit sagen, dass die Energieversorgung bis weit ins nächste Jahrhundert sich auf Prozesse und Verfahren wird stützen müssen, die wir heute kennen. Zwar sind grundlegend neue Ideen nicht auszuschliessen - wir hoffen auf solche. Sie werden aber erst der nächsten Generation etwas bringen. Ich erinnere daran, dass die ganze hektische Energieforschung, die mit grossen Mitteln von 1973 an eingesetzt hat, nicht eine einzige grundlegend neue Idee hervorgebracht hat, die einer näheren Prüfung standhält. Sonnenzellen, Brennstoffzellen, Batteriesysteme, Wärme-Kraft-Kopplung waren alle vorher schon bekannt.

Die Energiesysteme der kommenden Jahrzehnte werden sich auf das stützen müssen, was wir heute im Prinzip kennen. Quellen ausserhalb der «Fünf Grossen» werden höchstens ganz vereinzelte Prozente zur Gesamtenergie beitragen. Die Bewältigung der neuen Energiekrise wird mittels einer grossen Zahl von Einzelbeiträgen erfolgen müssen, von denen jeder einzelne nur unter grossen Anstrengungen verwirklicht werden kann und dabei kleine Auswirkungen hat, die uns aber in ihrer Summierung zum Ziel führen müssen. Es wird unsere Aufgabe sein, diese Sachzwänge unseren Mitmenschen verständlich zu machen.

Die Biotechnologie als industrieverändernde Kraft

In einer Betrachtung über die Zukunft der Technik ist es unmöglich, darüber hinwegzusehen, dass die Biotechnologie da ist, dass sie sich rapide ausweitet, und dass sie im Begriffe ist, zu einer industriebegründenden und -verändernden Kraft zu werden. Unter Biotechnologie versteht man die Herstellung und Bearbeitung von Stoffen durch lebende Organismen. In dieser Umschreibung ist die Biotechnologie freilich nichts Neues - Wein und Käse sind seit dem Altertum biotechnologisch hergestellte Lebensmittel. Die grosse wirtschaftliche, aber auch politische und psychologische Bedeutung hängt damit zusammen, dass man heute für die Prozesse gentechnisch modifizierte Zellen verwenden kann. Man kann genetisches Material über die Artgrenzen hinweg rekombinieren, man hat ein Mittel in der Hand, über das die Natur im Vollzug der Evolution nicht verfügen konnte. Die Menschen haben damit eine Grenze überschritten, die bisher als absolut und unverletzbar galt.

In totalem Kontrast zu den grossen Auswirkungen steht der relativ bescheidene Aufwand für die Forschung. Grundlegend wichtige Ergebnisse lassen sich in Laboratorien erbringen, die nicht besonders gross sind und deren Ausstattung ganz wesentlich weniger aufwendig ist als das, was heute etwa in der Mikroelektronik gebraucht wird.

Die praktischen Auswirkungen sind bedeutend, und sie werden sich schnell einstellen. Während wir in der Energietechnik bis zum Jahr 2000 nur relativ geringe Fortschritte erwarten, müssen wir in der Biotechnologie mit einem tiefgreifenden Wandel rechnen, zuerst wohl in der Pharmaindustrie und in der Lebensmittelherstellung, dann später auch in anderen Zweigen. Beispiele sind die Entsorgung von Abfällen, die Verarbeitung von Werkstoffen bis hin zur Gewinnung von Rohstoffen aus Erzen. Es lässt sich voraussehen, dass die Biotechnologie neben der Chemie innerhalb einiger Jahrzehnte eine gleichwertige Partnerin wird und dass die Chemie in dieser funktionellen Partnerschaft erheblich verändert werden wird. Wir können nicht übersehen, dass es sich beim Eindringen der Biotechnologie und der Gentechnik in die chemische Industrie um mehr handelt als nur um die Verbreitung des methodischen Spektrums. Es handelt sich vielmehr um den Beginn eines tiefgreifenden Wandels, der nicht nur eine technische, sondern auch eine politische und menschliche Dimension hat.

Das zwanzigste Jahrhundert im Rückblick

Die Technik führt kein Eigenleben - sie wird vom Menschen gemacht, und es sind Menschen, die die Technik in ihr tägliches Leben einbauen - zumindest einzubauen versuchen. Hier zeichnen sich Schwierigkeiten ab.

Um das zu illustrieren, wollen wir uns einmal in die Zukunft versetzen - und zwar diesmals nicht ins Jahr 2000, dieser Zeitpunkt steht ja heute praktisch vor der Türe, viele von uns werden diese Zeitwende persönlich erleben. Wir wollen weiter in die Zukunft schauen und uns vorstellen, *wir befinden uns im Jahr 3000* - also in einer Zeit, in der das gegenwärtige, zwanzigste Jahrhundert mit Sicherheit in der historischen Sicht gesehen und beurteilt werden kann. Und wir wollen uns vorstellen, im Jahr 3000 stelle sich ein Historiker die Aufgabe, jedes der vorangegangenen Jahrhunderte mit einigen wenigen Sätzen zu charakterisieren, und im besonderen von jedem Jahrhundert die folgende Frage zu beantworten: Welches sind die bleibenden Werte, die das Jahrhundert der Nachwelt gegeben hat - Werte, die die Jahrhunderte, sogar die Jahrtausende überdauert haben und die noch heute das Leben und Denken der Menschen massgebend mitbestimmen?

Es ist kaum zu bezweifeln, dass der Historiker dem zwanzigsten Jahrhundert eine Sonderstellung einräumen wird. Er wird aufzählen, dass das Jahrhundert der Nachwelt folgendes überlassen hat: Quantentheorie; Relativitätstheorie; Fernsehen; Kernenergie; Computer; Aufklärung der genetischen Moleküle; Landung der Menschen auf den Himmelskörpern. Kein Jahrhundert vor uns kann bedeutende Impulse in so grosser Zahl auf sich vereinen, und es fällt schwer, sich vorzustellen, dass es einem der kommenden zehn Jahrhunderte gelingen wird, an diesen Rekord heranzukommen. Der Historiker wird festhalten müssen: Das zwanzigste Jahrhundert hat eine Sonderstellung.

Aber er wird eine gravierende Einschränkung machen. Er wird darauf hinweisen, das alle diese Neuerungen auf der naturwissenschaftlich-technischen Ebene liegen, nicht auf der geistigen Ebene. Welches sind die geistigen Impulse, die unser Jahrhundert der Nachwelt vermittelt? Um zu illustrieren, was mit «geistigen Impulsen» gemeint ist, mögen einige Neuerungen dieser Art aufgezählt werden, die in vergangenen Jahrhunderten und Jahrtausenden ihren Ursprung haben und die noch heute das Leben der Menschen massgebend bestimmen: die Begründung von vier Weltreligionen - das Judentum durch König David, das Christentum durch Christus, der Islam durch Mohammed, der Buddhismus durch Buddha; das römische Recht; die demokratischen Einrichtungen der Römer; die gotischen Kathedralen; das

Werk eines Shakespeare; die Reformation; die klassische Oper; die Formulierung der Menschenrechte. Alle diese Impulse sind noch heute nachhaltig spürbar. Welches sind die geistigen Neuerungen des zwanzigsten Jahrhunderts? Unser Historiker wird festhalten müssen, dass dieses Jahrhundert als eines seiner markantesten Merkmale ein grosses Ungleichgewicht zwischen naturwissenschaftlich-technischer Neuerung und geistiger Neuerung aufweist. Vielleicht kann man es auch als Ungleichgewicht zwischen Zivilisation und Kultur bezeichnen.

Grenzen des technischen Fortschritts

Jede grosse technische Neuerung zieht einen sozialen und politischen Wandel nach sich, und dieser Wandel dauert länger und ist schwieriger zu vollziehen als die technische Neuerung. Die Fähigkeit der Menschen, technischen Fortschritt nutzbringend einzusetzen und in ihr Leben zu integrieren, hat Grenzen, und es scheint, dass wir heute an diese Grenzen anstossen und sie vielleicht sogar überschreiten. Das Überschreiten dieser Grenzen mobilisiert Gegenkräfte, deren Ursprung weitab von jeglichem rationalen Denken und jeglichem logischen Folgern liegt und die sich als ihr Ziel *nicht den Aufbau und den Ausbau gesetzt haben, sondern das Verhindern oder sogar das Zerstören.* In diesem Konflikt muss eine gangbare Lösung gefunden werden. Andernfalls ist das Überleben unserer Zivilisation, die glaubt, sich auf ein solides Fundament naturwissenschaftlich begründeter Technik abzustützen, ernsthaft in Frage stellt.

Eine solche Feststellung auszudrücken ist freilich einfacher als eine Empfehlung zu formulieren, was jetzt konkret zu tun sei. Diesen Weg aufzuzeigen ist hier nicht der Ort, aber ich will einige Gedanken dazu äussern.

Konkretes Handeln kann sich auf jeden Fall nicht auf die Technik allein beschränken, es muss sich massgebend auch auf ihren Unterbau erstrecken. Die Technik ist nämlich nicht zugleich auch ihr eigenes Fundament, sie steht nicht für sich selbst auf festem Boden. Sie ist, wie alle Bereiche des materiellen Lebens, aufgepflanzt auf unser politisches System, das letzten Endes durch die Weltanschauung der Mitmenschen geprägt wird. Und diese Weltanschauung wiederum setzt sich zusammen aus Elementen, in denen der technische Sachverstand und die technische Urteilskraft nicht im Mittelpunkt stehen. Wir Ingenieure sollten uns nicht davon dispensieren, dieses Weltbild zu verstehen und es nachzuempfinden, obwohl diese Aufgabe – es ist zuzugeben – manchmal beschwerlich ist.

Die Erfolge der Technik – so wird oft gesagt – hätten uns Ingenieure so euphorisch gestimmt, dass wir in einen unerschütterlichen Fortschrittsglauben verfallen seien, dass wir nun alles für machbar hielten und dass wir glauben, das Paradies auf Erden herbeiführen zu können.

Es ist unerlässlich, dass wir Ingenieure uns mit solchen Gedanken auseinandersetzen. Wir müssen jene, die den technischen Fortschritt bekämpfen, verstehen lernen. Wir werden von unseren Mitmenschen darauf angesprochen, wir müssen Antworten bereithalten. Wir müssen darauf hinweisen, dass das Leben für den Menschen in der Vergangenheit unsicherer und beschwerlicher war, als es heute dank der Technik ist, und dass die Vorteile der Technik, die heute zum Normalbestand des Lebens gehören, eben früher nicht zum Normalbestand gehört haben. Heute betrachtet man den Normalbestand als gegeben und gesichert. Es entsteht *eine Einschläferung des Technikbewusstseins durch die komfortable Benützeroberfläche.* Die Benützeroberfläche ist z.B. die Steckdose – komfortabler geht's nicht mehr! Dass der Strom an der Steckdose immer da ist und dass es Kraftwerke gibt, die man nicht mag, das sind zwei Dinge, die emotional voneinander entkoppelt werden; und es werden die merkwürdigsten Klimmzüge gemacht, um dieser Entkopplung so etwas wie ein logisches Fundament zu geben.

Immer wieder müssen wir auf folgendes hinweisen: Jedermann hat das Recht, sich über die Zukunft der Technik zu äussern, die Redefreiheit ist ein Grundrecht. Aber wer sich ernsthaft mit der Zukunft auseinandersetzen will, kann nicht davon dispensiert werden, die gesicherten physikalischen und biologischen Gesetzmässigkeiten zu respektieren – kein ideologischer Trick führt darum herum! So wie wir vom Ingenieur verlangen, dass er in seinem Handeln das Allgemeininteresse nicht aus den Augen verliert, so sollten wir von unseren Mitmenschen verlangen, dass sie sich über das gesicherte technische Wissen nicht einfach hinwegsetzen.

Wir Ingenieure sind oft ratlos ob dem Unverstand unserer Mitmenschen gegenüber den Zusammenhängen der Technik und ob ihrer Bereitschaft, Behauptungen zu glauben, obwohl sie gesichertem Wissen widersprechen; und die Mitmenschen sind ratlos über das, was sie als einseitige Technikgläubigkeit der Ingenieure erleben, als Missachtung der wirklichen menschlichen Bedürfnisse. Eine Annäherung gehört zu den dringenden Anliegen unserer Zeit.

Ingenieur und Allgemeinbildung

Wer die Mitmenschen verstehen will, braucht einen nicht zu engen Horizont; und ein enger Horizont ist, was den Ingenieuren manchmal zum Vorwurf gemacht wird: Sie hätten zuwenig Allgemeinbildung. Was ist Allgemeinbildung? Man versteht darunter in erster Linie Kenntnisse in Sprachen, Literatur, Geschichte und Geografie. In der Tat sollte jemand, der in der Technik tätig ist, eine Allgemeinbildung haben. Er sollte seine Muttersprache so beherrschen, dass er einen fehlerfreien Bericht in gutem Stil abfassen kann. Er sollte eine Fremdsprache in Wort und Schrift beherrschen und eine zweite Fremdsprache sprechen und lesen. Er sollte – um einige mehr oder weniger zufällig gewählte Beispiele aufzuzählen – etwas von dem gelesen haben, was ein Shakespeare und ein Thomas Mann geschrieben haben; er sollte wissen, wer Julius Cäsar und wer Louis XIV waren, und in der Geografie sollte er – sagen wir einmal – die Mittelmeerländer aufzählen können, ohne einen Atlas zu konsultieren. Oder ist das zuviel verlangt? Wir sollten dazu eine Meinung haben.

Aber die Mitmenschen, die ausserhalb der Technik stehen, sollten auch etwas von Technik verstehen, sonst bleibt der Versuch der Ingenieure, den Dialog herzustellen, vergebliche Liebesmühe. Es ist eine bekannte Tatsache, dass man sogar ein totales Nichtwissen über die Technik nicht als mangelnde Allgemeinbildung zu bezeichnen pflegt – warum eigentlich? Der heutige Mensch ist so stark von Technik umgeben, und die Entscheidungen, die von ihm erwartet werden – im Privatleben wie als Staatsbürger –, haben oft einen so hohen Gehalt an technischen Merkmalen, dass der gebildete Mensch etwas von Technik vestehen sollte. Vielleicht sollte jemand, der eine abgeschlossene Hochschulbildung hat, auf einfache Fragen wie etwa die folgenden eine Antwort wissen: Was heisst «digital»? Genügt eine 6-Ampère-Sicherung für eine Kochplatte? Was tut ein Katalysator im Auto? Was ist der Unterschied zwischen Gen-Technologie und In-vitro-Befruchtung, also Befruchtung ausserhalb des Körpers? – Ist es zuviel verlangt, wenn wir finden, ein Geschichtslehrer oder ein Pfarrer sollten dazu etwas Sinnvolles sagen können?

Die Schweiz braucht mehr Ingenieure

Technisches Handeln ist eine der Tragsäulen unserer Volkswirtschaft: Die gesamte Industrie wird durch technisches Handeln bestimmt, und der tertiäre Sektor – die Dienstleistungen – wird ebenfalls von der Technik durchdrungen; bei den Banken gehören die Ingenieure bald zur grössten Akademikergruppe. Jede Beurteilung der Zukunft der Technik führt zwangsweise zu einem wichtigen Thema: *Die Schweiz hat zuwenig Ingenieure,* und wir tragen zur Ausbildung zuwenig Sorge. In der Schweiz werden 3% eines Jahrgangs zu Ingenieuren ausgebildet. Das ist so zu verstehen: Ein Jahrgang hat 100 000 Menschen, pro Jahr werden 100 000 Kinder geboren. Von ihnen werden später in ihrem Leben an den zwei ETHs und an den 23 HTL und Abendtechnika 3000 zu Ingenieuren diplomiert. 3000 von 100 000: Das ist eine Kopfrechnung, das sind 3%. *In Japan sind es 6%*. Wir stehen hier vor einem Unterschied, der so gross ist, dass man einfach nicht darüber hinwegsehen kann. Er lässt sich nicht durch Unterschiede im Bildungssystem wegdiskutieren. Wir können die Augen nicht vor der Tatsache verschliessen, dass sich die jungen Japaner – und gerade die begabtesten unter ihnen – in doppelt so grosser Zahl dem Ingenieurberuf zuwenden wie bei uns und dass das Land sie benötigt.

In der Schweiz haben wir einen akuten Ingenieurmangel, der sich auf die zwei Berufe Elektroingenieur und Informatiker konzentriert. Ebenso haben wir einen Mangel an Chemikern. Der Arbeitsmarkt ist ausgetrocknet, mit den unvermeidlichen Auswirkungen auf die Salärstruktur und den Stellenwechsel. Unsere Bildungspolitiker sprechen undifferenziert über den Akademikerüberfluss und weisen auf die vielen Mediziner, Psychologen und Soziologen hin; die Bereitschaft der Öffentlichkeit zu weiteren Hochschulausgaben sinkt dadurch gefährlich nahe an den Nullpunkt. Die Tatsache, dass eine Vermehrung der Anzahl Ingenieure und Chemiker im dringenden Landesinteresse läge, wird öffentlich zu wenig vertreten. Dabei ist der Mangel an Informatikern derart, dass die Inangriffnahme von wirklich grossen Softwareprojekten in der Schweiz nahezu ein Ding der Unmöglichkeit ist.

Wir erleben heute eine akute Gefährdung des Werkplatzes Schweiz. Wir hören von Produktionsverlagerungen ins Ausland, wo die Verhältnisse günstiger sind, wir hören von Betriebsschliessungen und Entlassungen. Diese gravierende Situation ist durch eine Summierung von Einflussfaktoren zustande gekommen: Hoher Franken, hohe Löhne, staatliche Beihilfen in anderen Ländern. Einer der Faktoren, und nicht der unwichtigste, *ist der Ingenieurmangel.* Unternehmerische Initiative kann sich nur entfalten, wenn genügend junge Ingenieure da sind, die die neuen Technologien verwirklichen. Die Vermehrung der Anzahl Ingenieure ist ein nationales Anliegen.

Die Öffentlichkeit hat Sicht der sozialen Wertskala unter den akademischen Berufen: Gewisse Berufe sind besonders angesehen, andere geniessen weniger hohe Wertschätzung. Diese Skala ist ziemlich festgefügt, sie ändert sich im Laufe der Zeit nur langsam. Unsere Studie «Maturanden und Technik» zeigt, dass sich *der Ingenieur höchstens im Mittelfeld dieser Stufenleiter befindet.* Im Fernen Osten ist die Situation anders; unsere Japan-Studie bestätigt, dass aus der Sicht der öffentlichen Meinung der Ingenieur in den obersten Rängen liegt, und dass die Technik überhaupt in hohem Ansehen steht. Das Motto der Weltausstellung «Expo '85» in Tsukuba lautete «Wir wollen Nummer 1 sein», und es wurde kein Zweifel gelassen, welche Disziplinen damit gemeint waren: nämlich die Technik und die Industrieproduktion. Nummer 1 zu sein wird als nationales Ziel empfunden. Der Japaner, der Asiate überhaupt, strebt an, den Kuchen des Volkseinkommens *zu vergrössern,* während der Westeuropäer sich vorzugsweise *mit der Verteilung* befassen möchte.

Sucht man nach Wegen, unserem Land zu mehr Ingenieuren zu verhelfen, so wird man fast zwingend auf die Frage geführt: Wo sind die Frauen? Frauen sind in den Ingenieurberufen weit untervertreten – genauer gesagt: Sie kommen fast gar nicht vor. Der Grund liegt nicht in einer Abneigung der Arbeitgeber gegenüber weiblichen Stellensuchenden, sondern darin, dass die Zahl der Frauen, die das Diplom eines Ingenieurs erwerben, sehr klein ist. Unter den Studierenden der Abteilungen für Elektrotechnik, Maschinenbau und Informatik an der ETH Zürich befinden sich *weniger als zwei Prozent Frauen.*

In der Schweiz gibt es zuwenig Ingenieure, die Stellenaussichten für Absolventen sind sehr günstig. Es können also nicht fehlende berufliche Möglichkeiten sein, die die Frauen vom Ingenieurstudium abhalten.

Eine Vermehrung der Zahl weiblicher Ingenieure wäre in jeder Beziehung wünschenswert. Zum einen wäre sie ein Beitrag zur Milderung des Ingenieurmangels, der ein ernsthaftes Hindernis für das unternehmerische Handeln in der Schweiz darstellt und der auf lange Zeit anhalten wird. Zum andern könnte der Einzug der Frauen in die Reihen der Ingenieure auch den Charakter der Arbeit in der Technik verändern. Die vielbeklagte Kluft zwischen dem technischen und menschlichen Bereich könnte vielleicht verkleinert werden, besonders wenn (was vermutlich zu erwarten wäre) die Frauen im Laufe der Zeit in Kaderstellen aufsteigen würden.

Ingenieure sind nicht nur Fachleute – sie sind, wie alle Berufsleute, Menschen mit menschlichen Stärken und Schwächen. Für die Lösung wichtiger Gegenwartsfragen kommt es sehr darauf an, dass die Ingenieure in den Augen der Mitmenschen überzeugende Persönlichkeiten sind, Persönlichkeiten, denen man es zutraut, dass sie die Verantwortung, die sie tragen, verstehen und dass sie ihr gewachsen sind. Sie müssen zuverlässig und gewissenhaft sein. Schlamperei und Pfusch sind arge Quellen von Vorfällen, die die Entfremdung von Mensch und Technik befördern. Zwei der schlimmsten technischen Katastrophen, die es je gegeben hat, sind durch die Ortsnamen Bhopal und Tschernobyl gekennzeichnet; beide haben Angst und Schrecken erzeugt, beide haben in der Öffentlichkeit tiefe Spuren hinterlassen – in beiden Fällen hat pflichtvergessene Liederlichkeit von Ingenieuren massgebend zum Verlauf beigetragen.

Wir brauchen nicht nur *mehr* Ingenieure, wir brauchen gute und zuverlässige Ingenieure!

Aufbauendes Handeln tut not

Wir leben in einer Zeit und in einem Land, wo die Ablehnung und die Verneinung beliebter sind als die Zustimmung und die Unterstützung. Die Nachrichten, die auf uns zuströmen, sind durchsetzt von Kritik, von einer Überbetonung von Fehlern und Missgeschicken und von einer allgemeinen Grundhaltung, wonach Konflikt und Konfrontation wichtiger seien als Konsens und Kooperation. Es kommt auch vor, dass diese Grundhaltung unseren Kindern in den Schulen anerzogen wird.

Wir Ingenieure sollten versuchen, ein Gegengewicht zu setzen. Gewiss braucht es Menschen, die kritisieren, die auf Missstände hinweisen. Wir sollten auf folgendes hinweisen, und wir sollten es durch unser eigenes Verhalten demonstrieren: Die Lösung von Problemen, der Ausweg aus verfehlten Marschrichtungen wird nicht von den Menschen kommen, die den Konflikt

und die Konfrontation suchen. Diese Menschen können immer nur verhindern, nicht aufbauen. Für konstruktives Handeln braucht es eine Konsensfähigkeit und eine Bereitschaft zu Kompromissen, selbst dann, wenn ein Kompromiss gewisse Abstriche an der eigenen Überzeugung nötig macht.
Weiter sollten wir immer wieder darauf hinweisen, dass ein generelles «Zurück» kein gangbarer Weg ist. Weder ein Zurück auf den Stand von 1960 noch gar auf jenen von 1900 wäre eine Lösung - die menschliche Natur, die Natur überhaupt, ist auf Evolution, nicht auf Stillstand oder Rückkehr ausgerichtet. Die drückenden Probleme der Zeit, von denen ein Teil durch die Technik verursacht wurde, müssen gelöst werden, aber der Weg heisst nicht «Lösung durch Abkehr von der Technik», sondern «Lösung mittels richtig eingesetzter Technik».

Adresse des Verfassers: Prof. Dr. h.c. *A.P. Speiser,* ASEA Brown Boveri AG, CH-5401 Baden.

Gerüche mit Ozon bekämpfen

Der Mensch reagiert ausserordentlich empfindlich auf üble oder bloss störende Gerüche. Die industriellen, gewerblichen, aber auch sonstigen zivilisatorischen Tätigkeiten von heute stellen eine Vielzahl potentieller Geruchsquellen dar. Mit dem Überdecken oder Maskieren durch angenehme oder den Geruchssinn betäubende Zusätze ist es nicht getan, die Geruchsemissionen müssen an der Quelle bekämpft und zerstört werden.

VON KURT MEULI,
AESCH

Der menschliche Geruchssinn stellt ein wichtiges Warnsystem dar, in dem viele potentiell schädliche flüchtige Substanzen schon bei Konzentrationen, die weit unter der Toxizitätsgrenze liegen, wahrgenommen werden. Die menschliche Aversion gegenüber gewissen Gerüchen folgt relativ klaren Regeln, die sich seit Urzeiten kaum verändert haben und offenbar im Instinkt verwurzelt sind.

Symptome wie Übelkeit, Kopfschmerzen, Schwindel usw. sind nur einige negative Reaktionen, denen eine ganze Reihe von stimulierten Gemütszuständen auf der positiven Seite gegenüberstehen. Unangenehme Gerüche werden oft durch sehr geringe Mengen, meist organischer flüchtiger Substanzen, verursacht. Einige der übelsten Gerüche werden schon bei Stoffkonzentrationen von 1 ppb wahrgenommen. Dies entspricht einer Verdünnung von 10^9!

Hochempfindlich

Die Empfindlichkeit unserer Nase ist also ausserordentlich hoch. Stoffe, die bei derart geringen Konzentrationen direkte Auswirkungen auf den Menschen zeigen, sind zum Beispiel auch 2, 4, 6-Trichloranisol, das den beim Weinliebhaber gefürchteten Korkgeschmack verursacht und natürliche Toxine, wie jener Bazillus Clostridium botulinum, welcher sich in verdorbenem Fleisch bildet und von dem schon $1/100$ mg für den Menschen tödlich sein können.

Diese Stoffe beeinflussen den Menschen noch in Verdünnungen, die dem Verhältnis eines Zeitgenossen zur gesamten Menschheit oder dem Verhältnis von 1 Sekunde zu 100 Jahren entsprechen.

Der Riechvorgang, noch ein Geheimnis

Während die Mechanismen der anderen menschlichen Sinnesorgane als gut erforscht und erklärbar gelten dürfen, liegt der Riechsinn erstaunlicherweise noch im Dunkel vielfältiger widersprüchlicher Hypothesen.

Dies erschwert einerseits die Suche nach neuen oder die Synthese bekannter Riechstoffe und die Voraussage der geruchlichen Eigenschaften. Andererseits wäre es von grossem Vorteil, im voraus zu wissen, welche menschlichen Tätigkeiten zu Geruchsbelästigungen führen bzw. wie diese dann wieder abgebaut werden können.

Schon seit 350 v. Christi hat Aristoteles, und später 1756 C. Linné, und 1895 Zwaardemaker eine systematische Einteilung in Klassen versucht.

Heute weiss man, dass ein Riechstoff, um im Hirn einen Reiz auszulösen, einige Bedingungen erfüllen muss. Ein Riechstoff muss vom Riechkörper verdampfen und über die Gasphase in die Nasenschleimhäute gelangen. Durch die wässrige Schleimschicht (Mucosa) muss der Riechstoff zu den Riechfasern gelangen, um dort in einem bis heute nicht geklärten, komplexen Primärprozess die entsprechenden spezifischen Reize an das Hirn zu senden. Für den Riechvorgang spielen daher folgende Eigenschaften eine Rolle:

- Dampfdruck
- Wasserlöslichkeit
- Fett/Wasser-Verteilungskoeffizient

Schlüssel-Schloss-Prinzip

Seit 1952 *(E. Amrore)* wird eine «stereochemische Geruchstheorie» nach dem Prinzip von Schlüssel und Schloss postuliert. Das Riechstoffmolekül soll danach in seiner Grösse, Form, Elektronenkonfiguration in eine oder mehrere von acht Rezeptorzellen in der Nase hineinpassen. Aus der Kombination der acht Grundgerüche

- ätherisch
- campherig
- moschusartig
- blumig
- minzig
- stechend
- faul
- schweissig

werden dann alle anderen Gerüche als Reizkombination dieser Rezeptortypen erklärt.

Riechstoffe sind heute in geringsten Konzentrationen nachweisbar. Gerüche hingegen lassen sich nicht messen, nur vergleichen.

Aus statistischen Erhebungen wird für einige Geruchsstoffe der Schwellenwert der menschlichen Wahrnehmung festgelegt. Eine weitere Besonderheit des Geruchssinnes ist die Fähigkeit der Nase, sich an einen Geruch zu gewöhnen und ihn dann nicht mehr wahrzunehmen. Geruchsstoffe können anderseits die Nase durch Übersättigung blockieren.