Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 104 (1986)
Heft: 12

Artikel: Ingenieurtätigkeit und ökonomisches Wissen
Autor: Stolz, Peter
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-76104

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

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

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

Download PDF: 08.08.2025

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

Ingenieurtätigkeit und ökonomisches Wissen

Von Peter Stolz, Bettingen

Die Schlüsselstellung der Ingenieure einschliesslich der Architekten, aber auch der Chemiker als industrieorientierte Naturwissenschaftler im Spannungsfeld von Technik und Wirtschaft hat unter anderem zu der Forderung geführt, diese hochqualifizierten Fachkräfte müssten über mehr ökonomisches Wissen verfügen, als dies heute oft der Fall ist. Nutzbringend sind zusätzliche wirtschaftswissenschaftliche Kenntnisse vor allem – wenn auch keineswegs ausschliesslich – für freiberuflich tätige bzw. selbständige Ingenieure einerseits und für solche Arbeitnehmer andererseits, die Vorgesetztenpositionen bekleiden. Die Bedeutung solchen Wissens wird beispielhaft an den Berührungsflächen zwischen Technik und Wirtschaft in den Bereichen Innovation und Investition diskutiert. Dabei wird erkennbar, dass ökonomisches Wissen für Ingenieure nicht nur Einblicke in die Zwänge und Schranken spezifisch technischer Tätigkeit gewährt, sondern auch neue Handlungsspielräume eröffnet.

Die Stellung des Ingenieurs im Beruf und der Bedarf an ökonomischen Zusatzkenntnissen

Ingenieure spielen an der Nahtstelle von Technik und Wirtschaft speziell in den Bereichen Investition und Innovation [18] eine herausragende Rolle. Es liegt deshalb nahe, von Absolventen höherer technischer Studien (einschliesslich Architekten und Chemikern) vor allem dann ökonomisches Wissen zu erwarten, wenn sie in freiberuflich-selbständiger Stellung oder in einer Vorgesetztenposition tätig sind. Diese Forderung, die bereits unlängst in [18] gestreift wurde, soll jetzt ausführlich diskutiert werden.

Beschreibende oder sogar normative Äusserungen zu institutionellen Fragen der Ingenieurausbildung – Volkswirtschafts- und Betriebswirtschaftslehre an den ETH und HTL – werden dabei weitgehend vermieden. Hier soll vor allem gezeigt werden, wo an den Berührungsflächen von Technik und Wirtschaft bzw. weshalb der Bedarf an ökonomischem Wissen für hochqualifizierte technische Fachkräfte besteht.

Wenn ökonomische Kenntnisse des Ingenieurs für Unternehmen und die Volkswirtschaft einen Nutzen stiften, so müsste sich dies auch in entsprechenden Signalen äussern, die dem technisch-naturwissenschaftlich Ausgebildeten einen Anreiz für den Erwerb entsprechender Zusatzqualifikationen geben. Bei freiberuflich tätigen bzw. selbständigen Architekten und Ingenieuren wird dieser Anreiz am Markt für produzierte Güter und Dienstleistungen selber wirksam. In kleineren Unternehmen ist die Arbeitsteilung zwischen technischen und wirtschaftlichen Funktionen nicht so ausgeprägt wie in grösseren. Unternehmerische Tätigkeit impliziert zudem, dass betriebswirtschaftliche Erkenntnisse und Regeln respektiert werden.

Zu der in diesem Aufsatz im Vordergrund stehenden Volkswirtschaftslehre, deren Bedeutung für den selbständigen Ingenieur nicht so augenfällig ist wie die der Betriebswirtschaft, wird ein substantieller Hinweis gegeben. Er passt zur für freiberufliche bzw. selbständige Ingenieure besonders relevanten Baubranche. Genannt sei der Zusammenhang zwischen Ausmass und Richtung der Bevölkerungsentwicklung sowie den Bedingungen auf dem Hypothekarkreditmarkt einerseits und dem Wohnungsbau andererseits. Die empfindliche Reaktion der Nachfrage nach langlebigen Investitionsgütern auf konjunkturelle Schwankungen und – speziell bei Bauinvestitionen – auf demographische Tendenzen zu kennen und entsprechend zu handeln, gehört zum beruflichen Agieren des selbständigen Ingenieurs.

Die entsprechenden Einsichten machen freilich recht oft nur auf die Beschränkungen aufmerksam, denen der Ingenieur in seiner «eigentlichen» Arbeit unterworfen ist. Obwohl er eine technisch ausgefeilte und elegante Lösung für ein fachliches Problem vorlegen kann, muss er sich angesichts von Markt bzw. Wettbewerb mit einem Optimum unter ökonomischen Nebenbedingungen zufriedengeben. Frustrierend für den technischen Fachmann wird es vollends, wenn z. B. der Preiswettbewerb trotz Honorarordnung [3] – zumal angesichts der Marktmacht der Auftraggeber im öffentlichen Bau – derart scharf wird, dass die Qualität des Resultats darunter leiden kann. Was helfen ökonomische Erkenntnisse, wenn sie bloss die dem Ingenieur in seiner technischen Arbeit gesetzten fachfremden Schranken deutlich machen?

An konkreten Sachzusammenhängen soll demgegenüber später gezeigt werden, dass Einblicke in volkswirtschaftliche Sachverhalte und Prozesse den in verantwortungsvollen Positionen tätigen Ingenieuren oft gerade auch mehr Gestaltungschancen in ihrem angestammten technischen Aufgabenbereich eröffnen!

Im Unterschied zum selbständigen Ingenieur stellt man sich den als Arbeitnehmer wirkenden Ingenieur typischerweise als hochqualifizierten technischen Sachbearbeiter vor, dessen Aufgaben gemäss der Arbeitsteilung im Rahmen eines modernen Unternehmens im wesentlichen auf sein fachliches Spezialgebiet beschränkt sind. Angesichts der Motive für ein technisches Studium – in der Hauptsache inhaltliches Interesse am entsprechenden technischen Fachgebiet [7] – ist es durchaus nicht verwunderlich, wenn sich viele angehende und frisch ausgebildete Ingenieure selber primär in dieser Rolle sehen.

Mit dem inhaltlichen Interesse an der Technik wird sich aber früher oder später – wenn auch nicht ausschliesslich – gerade beim Hochschulingenieur oft der Wunsch verbinden, beruflich aufzusteigen und ein höheres Einkommen zu erzielen. Da im – gemäss Sprachregelung der Theorie segmentierter Arbeitsmärkte – primären Segment des Beschäftigungssystems, das für die vorliegende Diskussion massgebend ist, der Lohnwettbewerb völlig hinter dem Arbeitsplatz- bzw. Positionswettbewerb zurücktritt [11], muss der aufstrebende Ingenieur in der Regel eine Vorgesetztenstellung anvisieren, sofern nicht der noch relativ wenig verbreitete Fall zutrifft, dass eine Parallelhierarchie für wissenschaftliche Spezialisten vorgesehen ist [5].

In der Leitungsposition spielen nun ökonomisches Wissen und Managementkönnen naturgemäss eine weitaus grössere Rolle als in der Sachbearbeiterstellung. Anforderungs- und Fähigkeitsprofile klaffen deshalb in Richtung eines Defizits an nichttechnischen Kenntnissen recht weit auseinander [2, 4] – jedenfalls, solange eine technisch geschulte Führungskraft nicht ein Betriebsingenieurstudium, eine Doppelausbildung bzw. ein passendes Nachdiplomstudium durchlaufen hat.

Für die Mehrzahl, bei der letzteres nicht zutrifft und die allenfalls im Rahmen der an den ETH und HTL gebotenen Allgemeinbildung eine Einführung in Wirtschaftslehre gehört hat, kommen Anreize, sich in dieser Richtung ebenfalls zu profilieren, reichlich spät. Wie schon erwähnt, sollen hier keine

institutionellen Fragen der Ingenieurausbildung behandelt werden, vielmehr soll inhaltlich auf wesentliche Berührungsflächen zwischen Technik und Ökonomie eingegangen werden, und zwar speziell auf den Gebieten Innovation und Investition.

Ökonomisch-technische Zusammenhänge bei Investitionen am Beispiel von Grössenersparnissen

Beginnt man mit der Investitionstätigkeit bei gegebenem Stand der Technik, so lässt sich an einem ersten Fallbeispiel zu «Berührungsflächen zwischen Technik und Ökonomie» zeigen, wie man sich entsprechender Einsichten bedienen kann, um das Ziel möglichst hoher Effizienz eines Produktionsprozesses besser zu realisieren. Es geht hier darum, dass bei Existenz von economies of scale mit grösserer Kapazität einer Anlage ceteris paribus die Durchschnittskosten abnehmen. An diesem Beispiel soll auch sichtbar werden, dass nicht nur der Ingenieur ökonomischen Wissens bedarf, sondern dass eine Wechselbeziehung besteht. Die Wirtschaftswissenschaften müssen ihrerseits die Technik in den Erklärungszusammenhang einbeziehen; um so relevanter werden sie für den Ingenieur, und desto mehr Anreiz bieten sie damit auch dem technisch-naturwissenschaftlich gebildeten Fachmann, sich mit ihnen auseinanderzusetzen.

Bei diesem Beispiel wird an der sogenannten Zwei-Drittel-Regel angeknüpft [9], die auf geometrisch bestimmten Zusammenhängen zwischen dem für die Erstellung einer Anlage nötigen Aufwand und der Produktionskapazität aufbaut. Da in der Literatur keine explizite Herleitung zu finden ist, wird die Regel im folgenden hier abgeleitet. Bei Investitionsgütern von zylindrischer Gestalt wie Drehbrennöfen in Zementwerken, verfahrenstechnischen Anlagen für zahlreiche chemische Produktionsprozesse und in manchen anderen Zweigen industrieller Fertigung tendieren die Investitionskosten dazu, mit grösserer Kapazität unterproportional zu wachsen.

Bei der freilich nur innerhalb gewisser Grenzen zulässigen Annahme, dass die Wanddicke des Zylinders bei Änderungen des Volumens V des zylindrischen Körpers konstant bleibe und dass z. B. bei einem Drehbrennofen die Ausmauerung [9] mit wachsendem V nicht immer grössere Schwierigkeiten bereite, kann man Proportionalität zwischen der Oberfläche F des Zylinders und den Investitionskosten Ki unterstellen, wobei die Konstante p heisse (p> 0),

$$K_i = p\,F.$$

Weiter gilt für die Kapazität Q der Anlage, die für die maximal mögliche Erzeugung massgebend ist,

$$Q = V.$$

Mit dem Radius r und der Höhe h des Zylinders ist

$$F = 2\pi r h + 2\pi r^2.$$

Aus technischen Gründen stehe die Höhe h in fester, proportionaler Beziehung zum Radius r, wobei $h = a\,r$ (a als Konstante). Daraus folgt

$$F = 2\pi r^2 (1 + a),$$
$$V = \pi r^2 h = a\pi r^3,$$
$$K_i = p\,F = 2\pi r^2 (1 + a)\,p.$$

Die Konstante $(1 + a)\,p$ wird mit g bezeichnet.

$$K_i^3 = 8\pi^3 g^3 r^6,$$
$$Q^2 = V^2 = a^2 \pi^2 r^6.$$

Somit gilt

$$K_i^3 = \frac{8\pi g^3}{a^2}\,Q^2$$

und schliesslich

$$K_i = c\,Q^{2/3}$$

Die Konstante c hängt von technisch-geometrischen Gegebenheiten sowie von den Preisen ab. Unter der Annahme, dass die Preise, vom die Anlage planenden Ingenieur, als gegeben hinzunehmen sind, zeigt die letzte Gleichung, dass beispielsweise bei einer Verdoppelung der Kapazität die Investitionskosten nur um den Faktor 1,59 steigen. Die Zwei-Drittel-Regel kann auch für gewisse Betriebskosten wie den Energieverbrauch gelten, da der Wärmeverlust proportional der Oberfläche F ist. Dies interessiert besonders im Zusammenhang mit den gestiegenen Energiepreisen, von denen im folgenden noch die Rede sein wird. Schliesslich sei noch angemerkt, dass die Durchschnittskosten naturgemäss nur dann entsprechend der Zwei-Drittel-Regel sinken, wenn die Kapazitätsauslastung nicht kleiner wird.

Technische Innovationen und sozialökonomische Neuerungen

Technischer Fortschritt, Fortschrittskriterien und Technikkritik

Dem technischen Fortschritt wird heute – speziell in der Phase seiner Durchsetzung in die Praxis – oft vorgeworfen, dass er mehr Probleme schaffe, als er zu lösen imstande sei [12]. Diese pauschale Kritik schiesst oft weit über das Ziel hinaus; es wäre jedoch vermessen und gefährlich, sie deswegen überhaupt nicht ernst zu nehmen.

Eine der Folgen dieser Technikkritik ist schon in [18] erwähnt worden: Das Interesse der Studienwähler hat sich im Zuge der in der Schweiz relativ massvollen Bildungsexpansion während geraumer Zeit nur in recht schwachem Ausmass den Ingenieurfächern zugewandt. Auf Hochschulebene hat freilich auch die Tendenz zum Frauenstudium [12, 17] dazu beigetragen, dass sich die Gewichte zu Ungunsten des Ingenieurstudiums verschoben. Diese Probleme, die angesichts der Schlüsselrolle hochqualifizierten technisch-naturwissenschaftlich geschulten Personals in den Ruf nach mehr Ingenieurstudenten gemündet haben, wurden teilweise schon besprochen [18].

Ohnehin zeichnet sich bei der Studienwahl in den letzten Jahren – absolut und relativ – wieder eine gewisse Tendenzwende zugunsten technisch-naturwissenschaftlicher Studiengänge ab. Während zwischen 1977 und 1983 die Zahl der Maturitätszeugnisse um 30,9% stieg [16], nahm die Zahl der Studienanfänger an der ETH Zürich in den hier interessierenden Abteilungen I bis IV und VIII um 62,7% zu – ohne die in der Zwischenzeit gegründeten Studienrichtungen Informatik und Werkstoffe immerhin noch um 34,9% [6]! Zwischen 1970 und 1977, um ein früheres Zeitintervall herauszugreifen, hatte einer starken Zunahme der Maturitätszeugnisse ein Rückgang der Studienanfängerzahlen in den Ingenieurfächern (einschliesslich Chemie) gegenübergestanden.

Den im Beruf stehenden Ingenieur können Auseinandersetzungen um die Wünschbarkeit des technischen Fortschritts bzw. konkret dieser oder jener Innovation nicht gleichgültig lassen. Um in diese für ihn zentrale Diskussion wirksam eingreifen zu können, bedarf er einer gewissen Einsicht in volkswirtschaftliche Zusammenhänge. Unbestritten bleibt natürlich die Bedeutung betriebswirtschaftlicher Kenntnisse für selbständige und in höhere Positionen aufgerückte Ingenieure.

Soll die Volkswirtschaftslehre, wie hier behauptet wird, für Ingenieure im Bereich Innovationen relevant sein, so muss sie sich ihrerseits – intensiver als bisher [20] – mit der Technik auseinandersetzen. Sie darf ihr traditionelles Instrumentarium dem anderen Fachbereich nicht einseitig und womöglich ohne Dialog aufdrängen.

Wenn sich der Ingenieur hinsichtlich einer bestimmten technischen Neue-

rung unter Rechtfertigungszwang sieht, könnte er sich dann nicht mit dem Hinweis begnügen, der Ausdruck «technischer Fortschritt» verweise ja an sich schon auf die Wünschbarkeit der neuen Technik? Dem Kritiker mag diese Argumentation als reine Apologie erscheinen, sie hat aber einen sachbezogenen Kern. Aus ökonomischer Sicht handelt es sich bei neuen Verfahren dann um Fortschritt, wenn das Erzeugung/Aufwand-Verhältnis verbessert, der neue Prozess also effizienter und produktiver wird. Wie das Beispiel der Zwei-Drittel-Regel zeigte, lässt sich dieses Verhältnis auch bei gegebenem Stand der Technik erhöhen, wenn man Grössenersparnisse ausnutzt.

Handelt es sich um neue Produkte, die an den Endverbraucher gehen, also nicht als Investitionsgüter in einem Prozess der Leistungserstellung verwendet werden, so ist der Fortschrittsbegriff ökonomisch anders zu begründen. Kriterium ist hier die höhere Qualität, die sich in den neuen oder verbesserten Produkten zeigt. Ausschlaggebend ist die von den Nachfragern subjektiv empfundene Qualität – gelegentlich mittels Warentests etwas objektiviert –, der erkennbare Massstab für Fortschritt ist der Erfolg am Markt. Ein funktionierender Markt honoriert ein effizienteres Verfahren; er ist zugleich Prüfstein dafür, ob ein neues bzw. modifiziertes Produkt die Qualitätserwartungen der Interessenten erfüllt. Damit der vom Markt ausgehende Anreiz wirklich den Erfinder bzw. Innovator belohnt, bedarf es freilich eines gut funktionierenden Patentrechts und – soweit es sich um die Diensterfindung eines Arbeitnehmers handelt – eines geeigneten unternehmensinternen Systems materieller sowie immaterieller Anreize zu kreativer Aktivität.

Haben aber nicht viele neue Techniken den Test am Markt bestanden und gleichwohl hochbewertete Ziele wie Sicherheit der Versorgung mit natürlichen Ressourcen, Umweltqualität oder auch Vollbeschäftigung gefährdet bzw. zumindest nicht gefördert? Ist der am Markt wirksame Preismechanismus vielleicht am ehesten geeignet, Ziele wie effizienten Einsatz der Produktionsfaktoren und möglichst hohe Güterproduktion zu fördern, während nichtmaterielle Komponenten der Lebensqualität bei über den Preis vermittelten dezentralen Entscheidungen zu kurz kommen? Gilt dasselbe für den technischen Fortschritt, der sich gemäss den Kriterien des Marktes bewährt hat? Dass dieser technische Fortschritt in hohem Masse dazu beigetragen hat, materielle Ziele zu begünstigen und zu erreichen, kann nicht bestritten werden. Hinsichtlich anderer Komponenten der Lebensqualität sind im folgenden genauere Klärungen nötig.

Ressourcenknappheit, Preismechanismus und umweltschonende technische sowie organisatorische Innovationen

Zunächst einmal wird das Ziel betrachtet, abbaubare natürliche Ressourcen (zumal Energieträger) im Hinblick auf die künftige Versorgung zu schonen. Nach den beiden dramatischen Preiserhöhungen für Erdöl haben in der Schweiz vor allem Unternehmen ihren Energieverbrauch den veränderten Preisen angepasst [10]. So hat sich der Endenergieverbrauch seit 1973 wesentlich langsamer als das reale Bruttoinlandsprodukt (BIP) erhöht. Verantwortlich dafür ist nicht nur Sparverhalten im Sinne organisatorischen Fortschritts, sondern – wie ergänzend zur gesamtwirtschaftlichen Betrachtung z. B. eine Fallstudie über ein Schweizer Unternehmen zur Produktion synthetischer Garne mit mehreren Betriebsstätten zeigte – die energietechnische Sanierung, d. h. neue technische Verfahren und Maschinen [21], also zum Teil investitionsgebundener technischer Fortschritt. Und genau dieser Fortschritt ist von Preisen induziert sowie in die betriebs- und volkswirtschaftlich erwünschte Richtung gelenkt worden. Gewiss wurde das Preissignal zusätzlich verstärkt, da die Öffentlichkeit umweltfreundliches Verhalten von Unternehmen auch jenseits der Preissteuerung des Marktes mit Wohlwollen honoriert.

Höhere Energiepreise führen unter Umständen recht langsam zum erwünschten Verhalten, und manchmal genügt auch der vom Markt ausgehende Anreiz nicht. Sehr ausgeprägt zeigt sich dies bei zentral beheizten Mehrfamilienhäusern. Wenn die Heizkosten nicht individuell abgerechnet werden, ist der Anreiz für den einzelnen Bezieher denkbar klein, Energie zu sparen. Das vom Energiepreis ausgehende Signal trifft ihn nicht selektiv, sondern nur pauschal. Dies hat gewiss mit dazu beigetragen, dass gemäss der erwähnten ökonometrischen Studie über den Zusammenhang zwischen Endenergieverbrauch und realem BIP die Privathaushalte bisher weniger stark auf die gestiegenen Energiepreise reagiert haben.

Mittels entsprechender Messsysteme und -einrichtungen ist es heute technisch möglich, die Heizkosten des einzelnen Heizwärmebeziehers entsprechend seines tatsächlichen Verbrauchs zu bestimmen. Vom Markt kommen aber zuwenig Anreize zum Eigentümer, als dass sich dieses Prinzip in Neubauten und erst recht in schon bestehenden Gebäuden auf breiter Front durchsetzen würde. Nur wenn die entsprechenden organisatorischen Verbesserungen ihren rechtlichen Niederschlag gefunden haben [1], kann der Energiepreis in diesem Bereich als Anreiz zum Ressourcen-Sparen genutzt werden. Technische und sozialökonomisch-rechtliche Neuerungen sind hier untrennbar miteinander verschränkt.

Ein weiteres wichtiges Ziel ist der Schutz von Umweltgütern, die nicht abbaubar sind bzw. nicht abgebaut werden (dürfen). Als besonders aktuelles Beispiel sei der Wald in seiner Schutz- und Erholungsfunktion genannt. Die dem Wald durch Schadstoffe aus Haushalt, Industrie und Verkehr zugefügten Schäden treffen die Verursacher nicht selektiv, sondern fallen zu einem guten Teil als externe Kosten an. Auf der Nutzenseite betrachtet, wird dieses Umweltgut kollektiv genutzt. Am Beispiel des Verkehrs wird deutlich, dass in Gestalt des Katalysatorfahrzeugs eine ausgereifte Technik auf dem Markt ist, wobei der technische Fortschritt hier den materiellen Anreizen sogar noch vorausgeeilt ist. Der Katalysator vermindert sowohl die gesetzlich begrenzten Schadstoffe Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoffe und Stickoxide als auch andere Schadstoffkomponenten ganz drastisch [14].

Im Hinblick auf die gravierenden Waldschäden ist es nun wichtig, dass sich diese Innovation rasch durchsetzt und verbreitet. Die technische Neuerung braucht hier gleichsam ihr sozialökonomisches Gegenstück in Form anvisierter oder realisierter Massnahmen wie Steuervorteile für schadstoffarme Autos, fiskalische Minderbelastung von bleifreiem Benzin und dergleichen. Künstliche «Preisanreize» über Lenkungssubventionen simulieren hier Signale, die in diesem Fall am Markt spontan keine Wirkung haben. Für das Tempo, mit dem sich diese technische Neuerung durchsetzt, sind in der Privatwirtschaft die von den Tankstellen erbrachten Dienstleistungen ausschlaggebend, weil das Angebot an unverbleitem Benzin unerlässlich ist. Hier sei auf den allgemein geltenden Sachverhalt hingewiesen, dass Dienstleistungen als Begleiter des technischen Fortschritts an Bedeutung offensichtlich weiter zunehmen [13].

Arbeitssparender oder energie- und ressourcenschonender technischer Fortschritt?

Sozialökonomische Neuerungen und organisatorische Änderungen grösseren Ausmasses sind also oft nötig, um den Preismechanismus zu unterstützen, der

die Verknappung von Ressourcen und Umweltgütern manchmal nur schwach anzeigt und die Signale zu verstärken (nicht, wie beispielsweise in den USA bis 1981, durch Höchstpreise für Erdöl [8, 15] ihnen entgegenzuwirken). Der dann deutlicher erkennbare und härter wirkende Knappheitsdruck kann den technischen Fortschritt in die Richtung auf die angestrebten Ziele lenken und ihn durch Anreize fördern. Die Einsicht in diese hier nur angedeuteten volkswirtschaftlichen Zusammenhänge ist für den Ingenieur durchaus wertvoll und lohnend, weil er darin eine Hilfe erkennen kann, mit der seine ihm besonders am Herzen liegenden technischen Lösungen besser zu realisieren sind.

Etwas anders verhält es sich dann, wenn Nebenfolgen technischer Neuerungen negativ bewertet werden, weil sie mit bestimmten wirtschafts- und gesellschaftspolitischen Zielsetzungen, mit gewissen Komponenten der Lebensqualität kollidieren. Der Ingenieur bedarf dann entsprechender ökonomischer Erkenntnisse nicht so sehr, um technischen Fortschritt zu realisieren, sondern vielmehr, um sich nachträglich den Problemen zu stellen, die ihm angelastet werden. Dies ist natürlich für technisch-naturwissenschaftlich ausgebildete Fachleute nicht die attraktivste Aufgabe. Sich in fachfremde Themen zu vertiefen, nur um sich später bestenfalls rechtfertigen zu können, kann den Ingenieur frustrieren, der sein Wissen normalerweise für die Problemlösung im technischen Bereich anwendet.

Als Beispiel halte man sich einmal die Diskussion über arbeitssparenden technischen Fortschritt und Rationalisierungsinvestitionen vor Augen, in welcher Klagen über technologisch bedingte Arbeitslosigkeit an der Tagesordnung sind. Wie noch gezeigt werden wird, können aber aus einer sachlich geführten Debatte um technikinduzierte Probleme in diesen und jenen Zielbereichen (das jetzt ins Zentrum gerückte Vollbeschäftigungsziel ist nur exemplarisch zu verstehen) konstruktive Impulse für neue Forschungs- und Entwicklungsarbeit, für Erfindungen und Innovationen hervorgehen. Solche Anstösse aufzunehmen, gehört zum Kern der von Ingenieuren in Führungspositionen wahrzunehmenden Aufgaben.

Es gibt unbestritten Gebiete der Technik, die durch mehr oder weniger gezielte Kritik in ihrer Entwicklung gehemmt worden sind. Dazu gehören die arbeitssparenden Prozessinnovationen heutzutage eindeutig nicht, da die menschliche Arbeit denjenigen Produktionsfaktor verkörpert, dessen Preis stärker als der jedes anderen Inputs (Ausnahme: Bodenpreise) gestiegen ist [19]. Gerade in Wirtschaftszweigen, in denen der internationale Wettbewerb hart ist, würde ein Verzicht auf arbeitssparenden technischen Fortschritt oder ein Unterlassen von Rationalisierungsinvestitionen zum Scheitern führen.

Wenn in der Folge des arbeitssparenden technischen Fortschritts die Einheit des realen Bruttoinlandsprodukts mit weniger Arbeitsaufwand als zuvor erzeugt werden kann, ist es naheliegend, weiteres Wirtschaftswachstum anzustreben. Ziel ist, eine Abnahme des nachgefragten Arbeitsvolumens trotz höherer Arbeitsproduktivität zu verhindern, es vielleicht sogar wieder zu steigern. Beruht das Wachstum aber wiederum primär auf Rationalisierungsinvestitionen, so entstehen neue Beschäftigungsprobleme.

Für den geschilderten Ablauf zeichnet sich aber ein Ausweg ab, wenn neue Verfahren stärker energie- und ressourcensparend als arbeitssparend sind. Dazu bedarf es jedoch entsprechende Anreize, die bislang in Hochlohnländern mit einem stark ausgebauten sozialstaatlichen Sicherheitsnetz (über die legitime Existenzsicherung hinaus) oft gefehlt haben. Gelingt es, den Verfahrensfortschritt durch entsprechende Signale stärker in umweltschonende Richtung zu lenken, so ist das für einen möglichst hohen Beschäftigungsgrad an sich wichtige Wirtschaftswachstum eher möglich, ohne dass erneut ein schwerer Konflikt mit dem Ziel einer mehr oder weniger intakten natürlichen Umwelt droht.

Diese oft schlagwortartig als «qualitatives Wachstum» bezeichnete Entwicklung kann noch von einem solchen technischen Fortschritt mitgetragen werden, der neue und bessere Produkte hervorbringt: Produkte, die auch jenseits des Umweltbereichs (z. B. in der medizinischen Versorgung oder der Verkehrssicherheit) die Lebensqualität verbessern helfen und zum Vorteil des Beschäftigungsgrades neue Märkte erschliessen. Im Gegensatz zu undifferenzierter Kritik an der Technik, welche die Ingenieurtätigkeit nur hemmt, führt die sachliche und ökonomisch fundierte Auseinandersetzung mit den Nebenfolgen der Technik, der sich der Ingenieur auch in seinem eigenen Interesse stellen sollte, zu neuen Chancen für die Entwicklung alternativer Technologien.

Adresse des Verfassers: Prof. Dr. *P. Stolz*, Lindenplatz 4, 4126 Bettingen, Extraordinarius für Nationalökonomie sowie Wirtschaftsgeschichte an der Universität Basel und Dozent an der Ingenieurschule beider Basel.

Literatur

[1] *Baudirektion Kanton Basel-Landschaft:* Richtlinien für die verbrauchsabhängige Heizkostenabrechnung. Wasser- und Energiewirtschaftsamt: Liestal, Ausgabe Sept. 1983

[2] *Baumgartner, J.:* Wirtschaft und Ingenieurausbildung in der Schweiz. Management-Zeitschrift io 50 (1981) H. 10, S. 457

[3] *Birrer, H.:* Der Ingenieur im Spannungsfeld eines veränderten Marktes. Schweizer Ingenieur und Architekt 102 (1984) H. 41, S. 785 f.

[4] *Bott, H.:* Die wirtschaftliche Ausbildung von Ingenieur-Studenten. Berlin: VDE-Verlag 1980, S. 10 f.

[5] *Britt, A.:* Der Ingenieur - Opfer seiner Ausbildung? Management-Zeitschrift io 50 (1981) H. 10, S. 499

[6] ETH Zürich: Jahresberichte 1980, S. 18, und 1983, S. 14

[7] *Häuselmann, E.:* Les candidats à la maturité et la technique. Revue technique suisse 81 (1984) H. 9, S. 27, 29

[8] *Kalt, J.P.:* The Economics and Politics of Oil Price Regulation. Kap. 1. Cambridge, Mass. (USA), London: The MIT Press 1981

[9] *Kaufer, E.:* Industrieökonomik. München: Verlag Vahlen 1980, S. 66 f.

[10] *Kugler, P.:* Energieverbrauch und Wirtschaftswachstum in der Schweiz. Der Monat in Wirtschaft und Finanz 1983, H. 6, S. 3

[11] *Lewin, R.:* Arbeitsmarktsegmentierung und Lohnstruktur. Zürich: Schulthess Polygraphischer Verlag 1982

[12] *Lübbe, H.:* Zivilisationskritik und Technikfeindschaft als Herausforderung der Gesellschaft. Schweizer Ingenieur und Architekt 100 (1982) H. 35, S. 687 ff.

[13] *Mathias, P.:* Technologie und Produktivitätswachstum: Historischer Rückblick und gegenwärtige Auffassungen. J.-F. Bergier und G.F. Höpli (Hrsg.): Technik woher? Technik wohin? Zürich: Verlag NZZ 1981, S. 133

[14] *Rothen, R.:* Der Schadstoffausstoss von Katalysatorfahrzeugen im Vergleich zu heutigen Benzin- und Dieselpersonenwagen. Umweltschutz in der Schweiz. Bulletin des Bundesamtes für Umweltschutz 1985, H. 2, S. 17 ff.

[15] *Siebert, H.:* Ökonomische Theorie natürlicher Ressourcen. Tübingen: J.C.B. Mohr 1983, S. 314 ff.

[16] Statistisches Jahrbuch der Schweiz 1984, S. 486 f.

[17] *Stolz, P.:* Ingenieure abseits der Bildungsexpansion. Schweizerische Zeitschrift für Volkswirtschaft und Statistik 116 (1980) H. 1, S. 31 ff, bes. 40

[18] *Stolz, P.:* Ingenieure von der Studienwahl bis zur innovativen Tätigkeit. Schweizer Ingenieur und Architekt (1986) H. 6, S. 85

[19] *Streissler, E.:* Die Knappheitsthese - Begründete Vermutungen oder vermutete Fakten? H. Siebert (Hrsg.): Erschöpfbare Ressourcen. Berlin: Duncker & Humblot 1980, S. 18

[20] *Teece, D.J., Winter, S.G.:* The Limits of Neoclassical Theory in Management Education. American Economic Review 74 (1984) H. 2 (Papers and Proceedings), S. 118

[21] *Würgler, P.:* Energietechnische Sanierung: Eine unternehmenspolitische Aufgabe. Schweizer Ingenieur und Architekt 103 (1985) H. 15, S. 300 ff, bes. 301