

Alternative Technik - Chancen und Grenzen

Autor(en): **Suter, Peter**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **99 (1981)**

Heft 32

PDF erstellt am: **25.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-74534>

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.

Alternative Technik – Chancen und Grenzen

Von Peter Suter, Lausanne

Die ETH Zürich hatte im Sommersemester 1980 im Rahmen ihres 125-Jahr-Jubiläums zusammen mit der Universität Zürich eine interdisziplinäre Vortragsveranstaltung zum Thema «Technik wozu und wohin?» durchgeführt. Fünf der Vortragenden vertraten dabei Technik, Ingenieurwissenschaften und industrielle Forschung, zwei waren Naturwissenschaftler bzw. Mediziner, ein Politiker, studierter Bauingenieur, äusserte sich neben zwei Philosophen, zwei Soziologen, einem Schriftsteller, einer Wirtschaftswissenschaftlerin und einem Theologen zu einem Fragenkomplex, der heute nicht nur der Jugend unter den Nägeln brennt. Zwei der Vorträge haben wir bereits veröffentlicht, nämlich den von Walter Traupel über «Weg und Sinn der Technik» (Heft 43, 1980) und den von Adolf Muschg über «Die Tücke des verbesserten Objekts» (Heft 48, 1980). Fast alle Referate werden Ende August gesammelt in Band 3 des «Zürcher Hochschulforums» unter dem Titel «Technik wozu und wohin?» im Artemis Verlag, Zürich und München, erscheinen. Der folgende Artikel ist ein Vorabdruck aus dem genannten Buch.

Begriffsbestimmung

Es ist vorerst zu fragen, was alternative Technik überhaupt ist. Dabei wird oft stillschweigend vorausgesetzt, dass «alternative Technik» als Alternative zu bestehender oder etablierter Technik wohl an sich gut oder sogar besser sein müsse. Die Definition wird häufig in der Form von Schlagworten gegeben, so dass unsere Ausführungen in etwas provokativerer Form durchaus die Überschrift: «Von der Unzahl wahrer und falscher Propheten» oder nach *Ignatius von Loyola* «Von der Unterscheidung der Geister» tragen könnten. Wir wollen einige solche *Schlagworte* betrachten:

- Alternative Technik ist *dezentralisierte* Technik (wobei dezentral a priori als gut bezeichnet wird). Dies könnte in dem Falle zutreffen, wo sich jeder durch Sonnenzellen auf dem Dache selbst mit Elektrizität versorgt; logischerweise wäre aber auch die Einzel-Heizöl-Anlage dem Fernheizanschluss oder das Privatauto der Eisenbahn gegenüber als dezentrale alternative Lösung einzustufen. Ist sie wirklich besser?
- Alternative Technik ist *sanft, geräuschlos*. Das Fahrrad wäre die Alternative zum Flugzeug und Auto, aber auch der graphische Bildschirm die Alternative zur Sekretärin mit Schreibmaschine und Telefon.
- Alternative Technik kann durch den *Einzelnen selbst* gebaut werden, z.B. Sonnenkollektoren zur Warmwasserbereitung, die der Privatmann selbst, quasi als Hobby-Mechaniker, zusammenbaut und auf dem Dach montiert. Dies kann in Einzelfällen durchaus gelingen, doch kenne ich eine übergrosse Zahl von Bastelrui-

nen; gerade Sonnenanlagen müssen durch sehr gute Fachleute montiert werden, wenn sie dauernd klaglos arbeiten sollen.

- Alternative Technik ist *umweltschonend* (bezüglich der Wasser- oder Luftverschmutzung). So ist ein Windkraftgenerator sicher umweltschonender als ein Dieselaggregat; dasselbe kann man aber von einer Biogasanlage nicht immer behaupten; fast am besten schneidet in dieser Beziehung die Nuklearenergie ab. Wird auch die Landbeanspruchung zur Umweltgefährdung gerechnet, so sind Sonnenanlagen, die wegen der geringen Strahlungsdichte viel Platz benötigen, ungünstig.
- Alternative Technik *schont* die nicht-erneuerbaren *Rohstoffe*. Dies trifft vortrefflich für Biomasse oder Holz als Energieträger zu, denn die Pflanzen werden aus Wasser und Kohlendioxid mit Hilfe von Sonnenlicht aufgebaut, und bei der Verwertung entstehen wieder Kohlendioxid und Wasserdampf; es besteht also ein geschlossener Kreislauf erneuerbarer Stoffe, bei denen fast keine Ressourcen verbraucht werden (ausser einigen Mineralien im Boden).

Es muss aber eine Gesamtbetrachtung durchgeführt werden, unter Berücksichtigung der Prozesse, die zur Erzeugung der nötigen Geräte durchgeführt werden mussten (inklusive der Energie für Nahrung und Transport der beteiligten Arbeiter usw.). Dies führt zu der besonders in der Energietechnik diskutierten «Rückzahldauer», d.h. der Anzahl der Jahre, nach der die gewonnene Energie gleich der investierten ist. Sie beträgt bei heutigen thermischen Solaranlagen 2 bis 4 Jahre, bei heutigen Sonnenzellen etwa 3 bis 10 Jahre, bei Kern-

kraftwerken für den gesamten Zyklus etwa 1 Jahr.

Alle genannten Definitionen haben etwas Sympathisches und Wahres in sich, sie sind aber *teilweise widersprüchlich* und führen dann, wenn man sie absolut setzt, für durchaus wesentliche Anwendungsfälle zu Unsinn.

Angesichts dieser Schwierigkeiten stellt sich die Frage, ob alternative Technik überhaupt definiert werden könne. Die Antwort ist «Nein», wenn darunter ein Allheilmittel zur Lösung all unserer Zivilisationsprobleme verstanden wird, die Antwort ist «Ja», wenn beachtet wird, dass jede Technik an sich eine Alternative ist zur Änderung eines als unbequem oder unerträglich erachteten Zustandes; dies galt schon für die eiserne Pflugschar, den Dampftrieb der Webstühle, die Pharmazeutika, den Ölbrenner, das Auto.

Die oft unterschwellige Meinung, alternative Technik sei eben jene, die aus der blindlings fortschreitenden technischen Entwicklung der etablierten Firmen, Forschungsinstitute und Vertriebsketten ausbreche, führt nicht weit, und zwar aus zwei Gründen:

- Eine sogenannt blindlings fortschreitende Entwicklung gibt es gar nicht. Immer wieder werden Entwicklungslinien durch technische oder nicht-technische Umwälzungen noch vor ihrem Höhepunkt unterbrochen. Ich erinnere an die Dampfmaschine, den Verbrennungsflugmotor, den gasgekühlten Kernreaktor, die pneumatische Regelung, den mechanischen Tischrechner, den Passagierdampfer.
- Schon immer haben soziale und ökologische Gesichtspunkte die Weichen von Entwicklungen umgestellt. Ich erwähne als Beispiel die zeitweise Abkehr von der Kohle, die hoffentlich bald verschärften Bestimmungen über den Bleigehalt und die Abgase und den Ersatz von Fließbandarbeiten durch Manipulatoren und Roboter.

Die Definition ist also *zeitabhängig*; wollen wir versuchen, heute eine Definition zu geben, so scheinen mir die folgenden Formulierungen in vielen Fällen (nicht in allen) zutreffend:

- *Alternative Technik soll Eingriffe und Massnahmen auf dem tiefstmöglichen Entscheidungsniveau ermöglichen;*
- *Alternative Technik legt keinen Wert auf Minimierung des Arbeitsaufwandes, sondern auf die des Materialaufwandes.*

Diese Definitionen werden später begründet werden.

Kriterium	Hohe Technik (Gasturbinen)	«Alternative» Technik (Sonnenwärme)
1 Haupt-Kostenelement	Betriebskosten	Kapitalkosten
2 Hoher Wirkungsgrad	Wichtig (wegen Brennstoffkosten)	Wichtig (wegen Kapitalkosten)
3 Geringer Fabrikationsaufwand	Wichtig	Sehr wichtig
4 Wenig Bedienungspersonal (Automation)	Wichtig	Unwichtig
5 Unterhalt durch Nichtspezialisten	Nein	Wichtig
6 Soziales und kulturelles Umfeld	Unwichtig	Wichtig

Tabelle 1. Wichtigkeit verschiedener Kriterien

Offensichtlich aber entartet missionarische Prophetie der alternativen Technik meist zur Demagogie. Wie sind aber solche *falschen Propheten* zu entlarven?

Einmal erkennt man sie an der *Aneinanderreihung* nicht zusammengehörender *Halbwahrheiten*, um so Kausalzusammenhänge vorzutäuschen. Es wäre zum Beispiel wunderbar, wenn man zu Hause auf einfache Art Sonnenenergie in Elektrizität umwandeln und speichern könnte, und erst noch billig. Wenn nun jemand mitteilt, dass neuartige Akkumulatoren grosser Kapazität und langer Speicherdauer geschaffen wurden, dass Sonnenzellen zu einem Zehntel des bisherigen Preises angeboten werden, und dass Zellen mit dreimal höherer Ausbeute als bisher erfunden wurden, und diese Meldung so arrangiert, dass die drei Eigenschaften als heute kombinierbar erscheinen, so begeht er nichts anderes als Manipulation, besonders wenn diese Meldung einen heute zu fällenden Entscheid beeinflusst. Analog wird manipuliert, wenn Techniken, die vielleicht im Jahre 2020 im Grossen einsetzbar sind, als heute spruchreif dargestellt werden, ebenso aber auch, wenn man die Kosten einer kleinen Sonnenkraft-Pilotanlage mit denen eines ausgereiften Kohlekraftwerkes vergleicht, mit dem Ziel natürlich, die erste lächerlich zu machen.

Ein anderes Kennzeichen falscher Propheten ist die *Kompetenzverschleierung*. Ich bin der Ansicht, dass vor jeder Äusserung im technisch-politischen Bereich klar werden muss, mit welcher Kompetenz man spricht. Ich möchte dabei *drei Stufen* unterscheiden:

Stufe 1: *Kompetenz des Fachmannes*, der sich durch eigene Arbeit ein originales Urteil auf dem betreffenden Gebiet erworben hat.

Stufe 2: *Kompetenz des einsichtigen Gebildeten*, der die von anderen erarbeiteten Unterlagen wissenschaftlich korrekt sichtet und anwendet.

Stufe 3: *Kompetenz des ehrlichen Bürgers*, der sich, durchaus legitim, zu technisch-politischen Fragen äussern kann und muss.

Jede dieser Stufen ist ehrenwert, sofern sie offengelegt wird; folgerichtig hat sich aber ein Hochschuldozent bei einer Äusserung mit Kompetenzstufe 3 nicht als Professor X, sondern als Bürger X vorzustellen.

Ohne Angabe der Kompetenzstufe ist sich die Öffentlichkeit oft nicht bewusst, dass insbesondere *Physiker zu Fragen der Nukleartechnik* höchstens mit Stufe 2, meist aber nur mit Stufe 3 Stellung nehmen können, also mit nicht mehr Kompetenz als ein Theologe oder ein Journalist; dasselbe gilt aber auch für Kernenergiefachleute gegenüber der Solartechnik. Das Publikum erwartet also mit Recht die Angabe der Kompetenzstufe; dies gilt natürlich auch für den heutigen Vortrag. Ich kann mit folgender Kompetenz zu Ihnen sprechen:

Stufe 1: Turbomaschinen (eine hohe Technik), Sonnenwärme, Klimatechnik, Technologietransfer in gewisse Entwicklungsländer (Nord-Afrika).

Stufe 2: Biogas, Biomasse, Sonnenzellen, Dieselmotoren, latein-amerikanische Entwicklungsländer.

Stufe 3: Kerntechnik, Nationalökonomie usw.

Sicher wären Sie enttäuscht, wenn ich mich mit diesen etwas bitteren allgemeinen Aussagen begnügen würde; eine deutliche Sprache schien mir aber nötig angesichts des Wirrwarrs in der heutigen Informationslandschaft

Hohe und sanfte Technik

Es gibt doch Techniken, die man heute gemeinhin zu den alternativen rechnet:

- Sonnenenergienutzung;
- Windenergie;

- Neue Architekturformen für geringeren Energiebedarf;
- Manuelle Methoden in der Landwirtschaft;
- Biogas und Biomasse.

Das Gemeinsame dieser Techniken gegenüber der uns bekannten hohen Technik können wir am besten anhand einer *Gegenüberstellung* zweier konkreter Beispiele diskutieren; wir verwenden hier, entsprechend meiner Kompetenz, einerseits thermische Turbomaschinen (z. B. Gasturbinen), andererseits thermische Sonnenenergieanlagen (z. B. solare Heisswasserbereitung). Nun basiert aber jedes technische Konzept auf gewissen Kriterien, die wir an den beiden Techniken beispielhaft erörtern wollen (Tabelle 1).

Alternative Technik sollte sich also keineswegs durch schlechtere Qualität charakterisieren, aber die Qualitätsforderungen entspringen anderen Kriterien. Der *geringe Fabrikationsaufwand* ist bei der alternativen Technik wegen der Wichtigkeit der Kapitalkosten sehr entscheidend, und ebenso muss der *Wirkungsgrad* gut sein, damit sich diese Kosten auf einen möglichst grossen Nutzertrag verteilen. Wesentlich sind für manche Anwendungen, besonders auch in Entwicklungsländern, die Punkte 4 und 5, indem man der latenten Arbeitslosigkeit wegen eher Arbeit einsetzt als Technik und Automatisierung.

Ich fragte kürzlich den Leiter des chinesischen Import/Export-Amtes nach dem Sinn und Zweck von Einpackmaschinen, die in der Industrieausstellung von Shanghai ausgestellt sind. Die Antwort kam ohne Zögern: Diese Maschinen sind nur für den Export, zur Devisenbeschaffung, bestimmt.

Ganz wesentlich ist auch die Berücksichtigung des *sozialen und kulturellen Umfeldes*. An sich wäre dieses natürlich auch bei der hohen Technik sehr zu bedenken; es ist aber ehrlicherweise wohl zuzugeben, dass dieser Punkt im Pflichtenheft meist nicht existiert, dass vielmehr erst *nach* eingetretener Grosswirkung Besinnung stattfindet. Bei alternativen Technik ist aber die Berücksichtigung des Umfeldes entscheidend auch für den *technischen* Erfolg oder Misserfolg, und zwar vor allem wegen des Unterhalts. Dieser ist nämlich ausschlaggebend für Betriebssicherheit, Lebensdauer und sparsamen Gebrauch der Rohmaterialien; wegen der häufig dezentralen Form der Anwendung soll er an Ort und Stelle erfolgen; dazu muss aber die Technik einsehbar sein und Entscheide auf möglichst tiefem Niveau ermöglichen. Bei einer Panne sollen nicht erst komplizierte Instrumente angeschlossen und geeicht wer-

den müssen, sondern mit wenigen Blicken (Flüssigkeitsniveau) oder Kontrollgriffen (Temperatur von Oberflächen) soll schon eine Diagnose möglich sein.

Dass in vielen Fällen die Technik zur *Befriedigung unsinniger Bedürfnisse* verwendet werden kann, ist ein anderes Kapitel und nicht der Technik als solcher anzulasten. Die Versuchung dazu mag aber bei alternativer Technik geringer sein, weil sie arbeitsintensiver und bei der Erstanschaffung eventuell teurer ist.

Alternative Technik hat also nach unserer Definition die *Chancen* (Tabelle 2), wegen der dezentralen Anordnung weniger verwundbar zu sein, auch eine weniger ausgeprägte Organisationsstruktur zu benötigen, in manchen Fällen weniger Immissionen zu verursachen und arbeitsbeschaffend zu wirken. Es ist nämlich meine Überzeugung, dass der Weg verringerter Produktivität je Arbeitsstunde in manchen Fällen richtiger ist. Dadurch wird einerseits Kapital, d. h. Maschinen und Rohstoffe, gespart; andererseits ist die Nahrungsenergie, die von der grösseren Zahl Arbeitskräfte verbraucht wird, nicht voll dem Produkt zu belasten, denn auch Rentner, Arbeitslose oder Feriengäste sollen essen, sich kleiden und bewegen.

Bedeutet nun aber diese Zusammenhänge, dass in Gebieten, in denen ein dauerndes Arbeitslosenproblem herrscht, stets alternative Technik einzusetzen sei? Betrachten wir vor allem Entwicklungsländer, also z. B. Nordafrika. Meine Erfahrung lehrt mich, dass diese einseitige Antwort falsch wäre. Es gibt eben auch *Grenzen* der alternativen Techniken:

Schrittweise Einführung

Entsprechend ihrer Natur können alternative Techniken nur schrittweise eingeführt werden. Wo also rasche Lösungen notwendig sind, ist eine höhere Technik richtiger. Gerade der beängstigende Wettlauf mit der Bevölkerungsvermehrung macht oft höhere Technik unabdinglich.

Betrachten wir ein anders geartetes Beispiel für die Faktoren Zeit und Produktionskapazität, gültig für die Schweiz: In einer ersten, länger dauernden Energiekrise würde sicher ein grosser Run auf Isolationsmaterialien und Sonnenanlagen entstehen. Eine eingehende Studie zeigte, dass zwei schwerwiegende Engpässe bestehen, welche die Ausnützung des an sich bestehenden Potentials begrenzen:

- Bei der Gebäude-Isolation die Produktion von Steinwolle, Glaswolle usw. (Begrenzung auf 25%).
- Bei den Sonnenanlagen das Montagepersonal (Begrenzung auf 30%; die

<i>Chancen:</i>	- Unverwundbarkeit (dezentral) - Arbeitsbeschaffung - Organisation einfacher (Niveau der Entscheidung auf tieferer Stufe) - Immissionsärmer
<i>Grenzen:</i>	- Schnelle der Verbreitung beschränkt durch: - Produktionskapazität - Schlüsselpersonal - Anfangsinvestition - Rohstoff - Totale Energiebilanz - Platzbedarf, Landschaftschutz - Unterhalt - Annahme durch öffentliche Meinung - Geringe Dichte (Transport, Speicherung)

Tabelle 2. Chancen und Grenzen alternativer Technik

den Witterungseinflüssen ausgesetzten Anlagenteile müssen fachgerecht montiert werden).

Ökonomische Barrieren

Wie schon zuvor erwähnt wurde, sind die totalen Energiebilanzen über die Lebensdauer für die alternativen Techniken durchaus positiv, doch ist die *Rückzahldauer* meist höher als bei konventioneller Technik. Dazu ist sie in der Erstinvestition meist auch teurer. Alternative Technik stösst deshalb dann an Grenzen, wenn *keine sehr gute Lebensdauer möglich* ist oder wenn *Geld oder Rohstoffkapital begrenzt* sind. Konventionelle Technik kann rohstoffschonender als «alternative» sein zur Deckung eines gegebenen Bedarfes.

Ein Beispiel hierfür ist die grosse Rohstoffknappheit, die den Abbruch des «grossen Sprunges» des kommunistischen China markierte, ein im Westen aus modischer Mao-Begeisterung kaum wahrgenommener Fehlschlag.

Ökologische Auswirkungen

Alternative Technik kann, im grossen angewandt, schwere ökologische Probleme aufwerfen. So ist die *langfristige Grundwasserentwicklung* bei einer massiven Verbreitung einfacher Pumpstationen in bisherigen Dürregebieten ein grosser Unsicherheitsfaktor (natürlich auch bei hochtechnischen Werken wie dem Assuan-Staudamm), und auch die Einführung intensiver Biomassekulturen (Pappeln, Mais, Zuckerrohr) kann unerwartete Konsequenzen mit sich bringen, besonders wenn *Monokulturen* angelegt würden.

Sozialprestige als Hindernis

Fehlendes Sozialprestige von Unterhaltsarbeiten in sanfter Technik können diese scheitern lassen; höhere

Technik ist dann wegen des sozialen und kulturellen Umfeldes richtiger. Dafür stehen zwei selbsterlebte Beispiele:

- In einer Landwirtschaftsgegend stehen 95 von 100 mit Windkraft betriebene Pumpen seit Jahren still: Verrostete Lager, abgebrochene Flügel usw., weil die elementarsten Unterhaltsarbeiten wegen mangelndem Sozialprestige nicht erbracht werden. In derselben Gegend arbeiten dieselmotorgetriebene Pumpen (höhere Technik) seit Jahren ausgezeichnet, von den jüngeren Bauern selbst gewartet: Ein Motor, der lärmt, ist etwas!
- Meerwasser kann mit Sonnenenergie entsalzt werden, erstens in einfachen, sehr grossflächigen Wasserverdunstern hinter Glasscheiben (solar stills), die nicht viel mehr als eine gute, dichte Betonschale benötigen, oder in Mehrstufen-Verdampfern höherer Technik, die aber vielleicht zehnmal weniger Sonnenkollektoren benötigen. Es gibt aber Gegenden, wo diese zweite Technik die passende ist, weil der Unterhalt an den einfachen Verdunstern nicht geleistet würde, der an der höheren Technik, nach entsprechender Ausbildung, wegen des höheren Ansehens klaglos erfolgt.

Zwang und Anpassung

Soll alternative Technik ein Grundbedürfnis in grossem Masse lösen, so ist, bei den heute gegebenen Kommunikationsmitteln und der psychologischen Struktur des Menschen, meist ein *erheblicher Zwang* und *gleichförmige Ausrichtung* nötig. Dies widerstrebt aber den Ansichten über Lebensqualität der meisten Menschen; der Zwang wird natürlich dann nicht empfunden, wenn Einsicht in die höhere Notwendigkeit eines gewissen Verhaltens herrscht. Solche Einsicht aber setzt akzeptierte, nicht nur angebotene Information voraus, und sie wird nur langsam reifen; auch aus diesem Grunde sind der raschen Wirksamkeit alternativer Technik Grenzen gesetzt.

Passende Technik

Es ist deshalb meine Überzeugung, dass im selben Moment, im selben Lande hohe und sanfte Technik richtig sind, je nach dem Anwendungszweck, der Dringlichkeit der Lösung, der zur Verfügung stehenden Zeit oder der Gegend (Stadt - Dorf); es geht deshalb nur an, von passender Technik zu sprechen.

Alternative Technik, die häufig dezentral ist, ist dann günstig, wenn dezentrale Erzeugung und dezentraler Bedarf bestehen. Stellt sich aber dazwischen ein Transport- oder Speicherproblem,

so muss mindestens teilweise zu höherer Technik gegriffen werden:

- Speicherung, Transport und Verteilung von Grundbedarfsmitteln in Ballungszentren (und solche sind nur durch unmenschlichste Methoden [das kommunistische Kambodscha!] aufzuheben) erfordert relativ hohe Technik.
- Bereitstellung von Elektrizität als einer schwer «einsehbaren» Energieform soll möglichst effizient und mit moderner Technik geschehen.
- Konservierung von Nahrungsmitteln braucht oft eine mittlere bis hohe, zum mindesten aber konzentrierte Technik, wenn sie im grossen Massstab geschehen muss.
- Im allgemeinen müssen die Produktionsanlagen für die Rohstoffe der alternativen Technik mit hoher Technik arbeiten (Glas, Zement, Stahl, Kunststoffe).

Ingenieurausbildung in «sanfter» und «hoher» Technik

Worin unterscheidet sich Ingenieurausbildung in «sanfter» und «hoher» Technik? Ich versuche anhand meiner Erfahrungen mit den zwei Vertiefungs-

fächern «Turbomachines» und «Helio-technique», die ich an der ETH Lausanne lehre, zu antworten.

Ingenieurausbildung hat zwei Aspekte:

- Verständnis und *Kenntnisse* von technisch-wissenschaftlichen Tatsachen zu vermitteln.
- *Arbeitsmethoden* aufzuzeigen, wobei zwei Hauptpunkte die Ingenieur-tätigkeit charakterisieren:
 - Bildung physikalisch-mathematischer Modelle für komplexe, reale Gegebenheiten;
 - Aufstellung von Konzepten für technische Entscheide und Prozesse.

Die zwei Aspekte, nämlich *Tatsachenkenntnisse* und *Arbeitsmethoden*, widersprechen sich durchaus nicht, denn auch die Vermittlung von Fakten, reale technische Vorgänge betreffend, setzt stets Modellbildung voraus. Es kann deshalb im höheren technischen Unterricht gar nicht in Frage kommen, etwa zur Anwendung von Rezepten anzuleiten; vielmehr soll zur *typischen Haltung des Ingenieurs* hingeführt werden, die sich zum Beispiel so formulieren lässt:

«Unter den für das Konzept wesentlichen Kriterien sind diese und jene Lösungen möglich mit diesen und jenen

ökonomischen, technischen und ökologischen Konsequenzen». In einer so verstandenen Ingenieurausbildung ist zwischen «hoher» und «sanfter» Technik keine methodische Differenz festzustellen.

Um noch etwas mehr ins Detail zu gehen, betrachten wir in Tabelle 3, wie wichtig verschiedene Fachgebiete für die als Beispiel gewählten «Turbomaschinen» und «Solaranlagen» sind. Ein grundlegender Unterschied verdient es, zu Beginn hervorgehoben zu werden:

Turbomaschinen: Realisierung ist unmöglich ohne bedeutenden technisch-wissenschaftlichen Aufwand.

Solaranlagen: Realisierung ist möglich ohne wissenschaftliche Grundlage; diese ist aber nötig für das Verstehen und die Optimierung, welche die Ausbeute durchaus im Verhältnis 2:1 erhöhen kann.

Natürlich stellen wir Abweichungen fest, doch halten sich die technisch-wissenschaftlichen Schwierigkeiten durchaus die Waage.

Was endlich die früher erwähnten Kriterien für die technische Gestaltung (Tabelle 1) und ihr unterschiedliches Gewicht für «sanfte» und «hohe» Technik betrifft, so gilt für den *Unter-richt*: Wichtig ist vor allem, dass die Einsicht vermittelt wird, dass es solche Kriterien gibt und dass sie methodisch zu bewerten sind als Rahmenbedingungen für den schöpferischen (und zu verantwortenden!) Entscheid des Ingenieurs.

Deshalb haben wir in der Tabelle 4 unserer Überzeugung Ausdruck gegeben, dass «hohe» und «sanfte» Technik für die Ausbildung gleichermaßen geeignet sind.

Gerade die letzten zwei Punkte machen die Lehre in «sanfter» Technik attraktiv; sie verlangen natürlich eine grosse Flexibilität der Lehrer, bedingen aber auch ein kühles Urteil.

Sanfte Technik ist somit für den Ingenieur nicht leichter, sondern sie stellt dieselben Ansprüche an Weite und Tiefe. Mit der Einsicht in die Zusammenhänge und Grössenordnungen werden dem Ingenieur aber auch Sinn und Grenzen bewusst, so dass er sich kaum den unbedarften Missionaren noch den abgeklärten Verächtern als vielmehr den *realistischen Optimisten* zugesellen wird.

Tabelle 3. Wichtigkeit der verschiedenen Fachgebiete

Fachgebiet	«Hohe» Technik Gasturbinen	«Sanfte» Technik Thermische Sonnenanlagen
Thermodynamik Strömungslehre	elementar sehr wichtig (2 dimensional, stationär)	elementar nur im Speicher von Belang (3 dimensional, instationär)
Wärmeübergang	wichtig (erzwungene Konvektion)	wichtig (freie und erzwungene Konvektion; Strahlung)
Festigkeitslehre	sehr wichtig	unwichtig
Schwingungslehre	sehr wichtig	unwichtig
Materialfragen	wichtig (hohe Spannungen und Temperatur)	wichtig (optische Eigenschaften, Beständigkeit)
Korrosion	gewisse	wichtig, komplex
Regelung	elementar	sehr wichtig, komplex (nichtlinear, stochastisch)
Fabrikationstechnik	wichtig	wichtig
Kostenanalyse	wichtig	sehr wichtig

Tabelle 4. «Hohe» und «sanfte» Technik in der Ingenieurausbildung

	«Hohe» Technik	«Sanfte» Technik
Methodik des Ingenieurs	Kein Unterschied	Kein Unterschied
Intellektuelle Schwierigkeit	Kein Unterschied	Unterschiede
Gewichtung der Kriterien	mittel	schnell
Innovationstempo heute	gering	vorhanden
Möglichkeit für Neuerungen durch Studenten-Arbeit		

Adresse des Verfassers: Prof. Dr. P. Suter, dipl. Ing. ETH, Institut de thermique appliqué, ETH Lausanne, Ecublens, 1015 Lausanne. Ausserdem ist der Autor Vorsitzender der Fachkommission für die Nutzung der Sonnenenergie im Eidg. Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement.