

Bremer, Rainer

Technik und Bildung

Pädagogische Korrespondenz (1992) 10, S. 5-26



Quellenangabe/ Reference:

Bremer, Rainer: Technik und Bildung - In: *Pädagogische Korrespondenz* (1992) 10, S. 5-26 - URN: urn:nbn:de:0111-opus-90991 - DOI: 10.25656/01:9099

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-opus-90991>

<https://doi.org/10.25656/01:9099>

in Kooperation mit / in cooperation with:



<https://pk.budrich-journals.de>

Nutzungsbedingungen

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen. Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document.

This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Kontakt / Contact:

peDOCS
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation
Informationszentrum (IZ) Bildung
E-Mail: pedocs@diipf.de
Internet: www.pedocs.de

Digitalisiert

ESSAY

- 5 *Rainer Bremer*
Technik und Bildung

DAS AKTUELLE THEMA

- 27 *Günter Rüdell*
Schulpädagogische Phantasien vor dem
Gericht einer pädagogischen Ökonomie

MARKTFORSCHUNG I

- 38 *Karl-Heinz Dammer*
Schlecht verkaufte Geisteswissenschaften?

KÄLTESTUDIE I

- 45 *Isabel Greschat*
Trompe-l'oeil-Schülermalereien:
Von Täuschungen und Enttäuschungen

KÄLTESTUDIE II

- 53 *Andreas Gruschka*
Wie mit der Schule beginnen?
Ein Beispiel für das Dilemma beim Versuch, pädagogischen
Optimismus mit der Kritik an der Schule zu verbinden

MARKTFORSCHUNG II

- 66 *Kirsten Bentler/Michael Tischer*
Lasset die Kindlein zu mir kommen

DIE RECHERCHE

- 72 *Judith Gruschka*
Abiturienten auf dem Weg nach oben

DIDAKTIKUM

- 84 *André M. Kuhl*
Selbstverwirklichung in sozialer
Verantwortung

BERICHT AUS DER FREMDE

92 *Daniel Lahnpler*

Über meine Erfahrungen mit der wissenschaftlich-technischen
Zivilisation und der Beteiligungsdemokratie bei der
Lehrplanarbeit

Rainer Bremer
Technik und Bildung

I

WIE MAN IN DER SCHULE VERSUCHT,

TECHNIKERN TECHNOLOGISCHES DENKEN BEIZUBRINGEN

Was bei der Qualifizierung von Technikern zum Problem werden mußte, ist, daß Techniker immer weniger von dem verstehen, was sie tun und dies nicht nur zur Seite der naturwissenschaftlichen Grundlagen, sondern auch zur Seite konkreter technischer Konstruktionen. Im Maschinenbau galt lange, daß Lernen an Maschinenkonstruktionen letztlich dann zum Erfolg führe, wenn die Konstruktion einmal zerlegt und wieder zusammengesetzt werde. Jede Maschine muß so ihr Geheimnis preisgeben. In der Elektrotechnik verhielt es sich schon seit langem anders: Wer einen Computer in seine Bestandteile zerlegt, hat noch nichts begriffen, ja absurd wäre die Vorstellung, durch Zersägen eines Mircoprozessors irgendetwas anderes herausfinden zu wollen, als daß es so nicht geht. Im Prinzip gilt dies nun auch für den Maschinenbau. In der Technik ist es wie in der entwickelten Ökonomie geworden: Das Geheimnis der Akkumulation und Mehrwertproduktion liegt nicht im Tresor der Nationalbank, nicht in dem, was sie hervorbringt, sondern in dem, wie sie es hervorbringt.

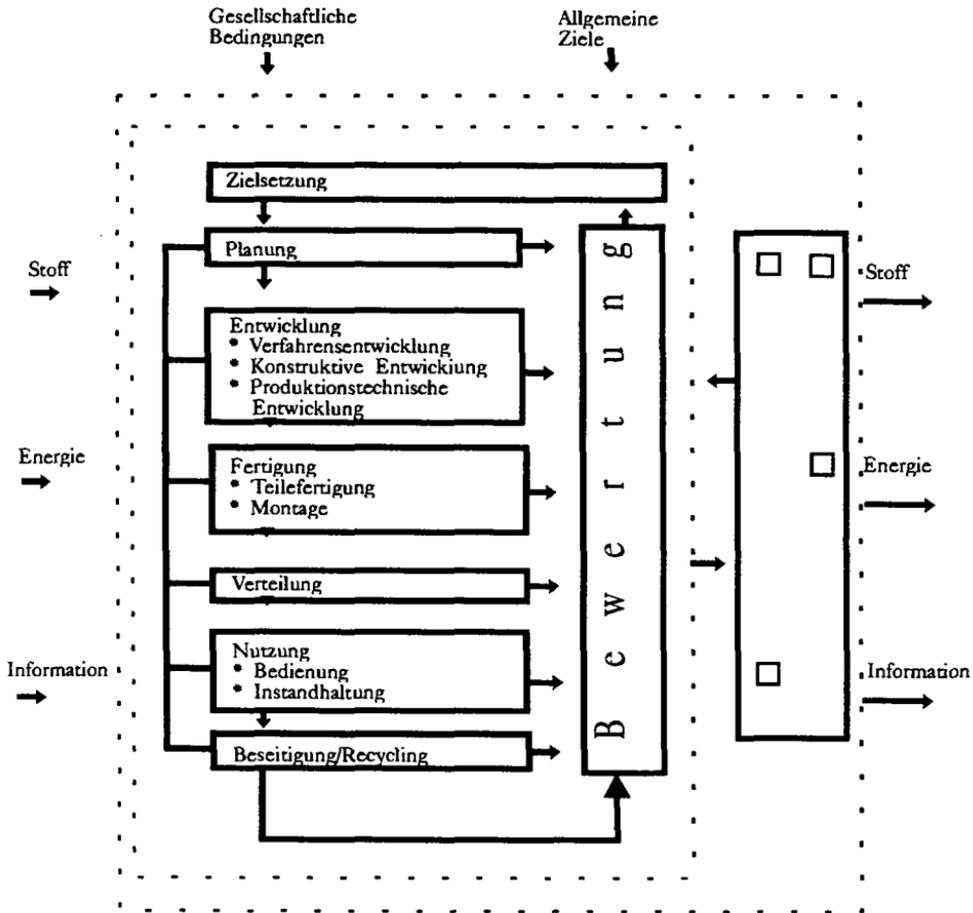
Maschinen werden hochintegriert angewendet, in Band- und Produktionsstraßen, auf denen Automobile, Waschmaschinen oder Papier gefertigt werden. Diese Maschinensysteme kann man auch nicht dadurch verstehen, daß man sie auseinandernimmt und wieder zusammensetzt, weil sie als zerlegte genau das nicht mehr sind, was die konstruktive Kombination ihrer Bestandteile an Funktionslogik in das komplexe Agglomerat hineinbringt. Von der Konstruktion bis zur Wartung ist der systemische Integrationsgrad ein allfälliges Problem geworden, weil sich kein Konstrukteur mehr auf den Kenntnisstand derjenigen verlassen kann, die seine Anlage betreiben werden, es sei denn, er verzichtet auf Entwicklungslinien, die der Stand der Technik objektiv bietet. Dem ist in der Ausbildung von Technikern zu folgen.

Wie läßt sich eine immer kompliziertere Technik verstehen und dieses Verständnis so organisieren, daß es in Schulen mit dem Ziel der Höherqualifikation vermittelt werden kann? Ein sich in Lehrplankommissionen durchsetzendes Modell zur Analyse und Didaktik von Technik liegt mit dem sogenannten sozio-technischen System vor, bei dem nicht mehr die Details im Vordergrund stehen, die ein konstruktiver Prozeß hervorbringt, sondern dieser selbst.

Das Modell hat den Vorzug, von konkreter Technik zu abstrahieren und die Verwendung technischer Systeme von der Festlegung ihrer praktischen Zwecke bis zur Beseitigung zu erfassen, nichts bleibt im deskriptiven Modell draußen, was im System drinnen stecken könnte. Dieser maximalen Breite der Perspektive auf jeden

denkbaren konkreten Einsatz von Technik verdankt das Modell seinen prinzipiellen Charakter.

Seine Grundgrößen sind Stoff, Energie und Information, die technische Systeme



Ablaufstruktur eines sozio-technischen Systems

verbrauchen, produzieren oder transportieren. Dies bildet das Schema auf der Horizontalen ab. Die linke Vertikale repräsentiert den Entwicklungsprozeß von stoff-, energie- und informationsverarbeitenden Systemen. Techniker, die dafür,

zumeist kooperativ, zuständig sind, sollen sich anhand des Schemas sowohl des Gemeinsamen aller technischen Konstruktionen als auch der jeweiligen Beziehungsgefüge (in der Sprache des soziotechnischen Systems: Systemumwelt) verge-wissern. Dies wird im Bild von der zweiten Vertikalen, dem Bewertungsblock, symbolisiert. Er steht für einen rekursiven Prozeß der qualifizierenden Berücksichtigung komplexer, vor allem auch systemfremder Anforderungen bei der Lösung der im konventionellen Verständnis konstruktiver Tätigkeiten eigentlichen Aufgabe. Die Bewertung kann zu jedem Zeitpunkt einsetzen und damit Revisionen auf vorhergehender Systemstufe bewirken, was einen bloß linearen Durchgang durch das System verhindert, mithin eine gewisse Vielfalt der zu beschreitenden Wege in der Entwicklung eines Systems nahelegt, um Alternativen zuzulassen.

Damit überschreitet das Modell die enge Perspektive, in der Techniker zu denken erzogen wurden. Er überwindet die Isolierung technischer innerhalb gesellschaftlich-ökonomischer und ökologischer Aspekte des Einsatzes von Technik, so hoffen jedenfalls die Erfinder des Modells. Es macht mit der Denkweise Schluß, Technisches vom Nichttechnischen zu scheiden, da in der Wirklichkeit diese Scheidung überholt wurde. Eben dies jedoch ignorieren die meisten Techniker am liebsten. Das hat gute Gründe, etwa angesichts der Forderung, bei der Konstruktion sei bereits die ökologisch konforme Systembeseitigung zu berücksichtigen. Dies bedeutet in der Regel den Verzicht auf bisher bewährte und vertraute Werkstoffe. Um die Ressourcen zu schonen, muß man vielleicht etwas anderes nehmen, von dem man nicht weiß, ob es ähnlich zuverlässig seinen Einsatz als Material überdauert wie das zuvor gebräuchliche. In dieser Hinsicht erscheint das Modell normativ, allerdings nur scheinbar, denn in Wahrheit bestehen die Probleme längst, auf die das Modell aufmerksam macht. Es ist deshalb nicht normativ, sondern deskriptiv. Gleichwohl revolutionär mutet an, daß es dem gestandenen Ingenieur wie dem Industriemechaniker bescheidet, seine vorzüglichen Fähigkeiten, für irgendwelche Zwecke funktionierende Maschinen konstruieren oder warten zu können, reichen nun gerade nicht hin, ein adäquates sozio-technisches System zu entwickeln und zu beherrschen.

Hier wird wohl auch die widerständige Praxis der systemtechnischen Metatheorie die kalte Schulter zeigen. Denn, um gleich eine Schwäche zu bezeichnen, weil das Modell auf alles zielt, sagt es gar nichts darüber, wie man von der reduzierten Komplexität wieder zu jener gelangen soll, die im Konstruktionsprozeß bewältigt werden muß. Zwar bildet es die technische Realität in kapitalistischen Produktionsstätten durchaus ab: Wenn auch versteckt unter »Allgemeine Ziele«, läßt es für den Reflexionsprozeß, zu dem es die Techniker auf allen Entwicklungsstufen auffordert, die aus den Produktionsverhältnissen sich destillierenden Antezedenzen profitabler Produktion vollständig zu, mithin auch so unschöne Dinge wie kalkulierter Verschleiß (neudeutsch: MTBF – middle time between failures) oder die nur läppische Unterschreitung von Emissionsgrenzwerten dort, wo diese technisch bereits überholt sind. Aber dergleichen Aspekte sind eben nur zugelassen, nicht jedoch ihrem Stellenwert entsprechend eingeordnet, da dieser seinerseits als Variable dem sozio-technischen System zugeschlagen wurde. Mit solcher Lösung haben sich die Entwickler und an Lehrplänen ausprobierenden Anwender jenes Problems entledigt,

das die Techniker dann lösen sollen. Was auf den ersten Blick als gelungene Darstellung und graphisch reduzierte Komplexität erscheint, erweist sich in seiner systematischen Abschottung gegen Inhaltlichkeit als Trivialität. Nicht unähnlich der allgemeinen Didaktik von Pädagogen, die unwidersprochen als grundlegende Erkenntnis ausgibt, Unterricht sei durch eine Einführungs-, Haupt- und Abschlußphase strukturiert. Der Denkfehler solcher methodischen Ordnungen liegt in der Verwechslung von Gliederung und Gegliedertem, des Inhaltsverzeichnisses, das sie liefern, mit dem Text, den zu schreiben sie offen lassen.

Würde, auf welche Weise auch immer, das sozio-technische System den Inhaltsaspekt von planvoll gestalteter Technik einschließen, wäre ihm ständige Nutzung in der Qualifizierung zukünftiger Konstrukteure als Ingenieure und zukünftiger Betriebsmechaniker sicher. Denn hier herrscht große Not. Lehrer berichten von ihrer Verzweiflung daran, daß Schüler, die in ihrem Lernpensum eigentlich weiter sein müßten, angesichts einer neuen Kombination von bekannten Baugruppen stets sich diejenige herauspicken, die sie schon früher nicht so ganz verstanden haben. Eine solche Baugruppe ist in der E-Technik z.B. der Operationsverstärker. Auf ihn reagieren die Schüler mit einer Lernerwartung, die sich beim elektrischen Widerstand schon nicht bewährt hat. Nach seinem Modell wollen sie gleichwohl das gesamte Gebiet der E-Technik verstehen, also ihre Details, nicht die Strukturen von möglichen Kombinationen. Da dies nicht gelingen kann, denken die meisten E-Techniker, zentrale Sachverhalte ihrer (Hilfs-)Wissenschaft seien überhaupt nicht zu verstehen, was selbstverständlich ein falscher Schluß wäre, da die Grundlagen physikalisch als geklärt gelten dürften. ¹ Pointiert formuliert: Viele Techniker scheitern beim Versuch, ihr ingenieurwissenschaftliches Fach nach seinen Grundlagen zu verstehen. Wie zur Rache bleibt ihnen daraufhin der Einblick in die Struktur ihrer auf Anwendung jener Grundlagen ausgerichteten Technologie verwehrt. Hier soll das Modell des sozio-technischen Systems weiterhelfen, ohne es zu können.

Zum einen ist der scheinbare Vorteil, neben seiner abstrahierenden Annäherung an die technologische Realität, diese unter didaktischem Anspruch in ein Modell umsetzen zu können, in Wahrheit eher ein Nachteil: Didaktik, die lediglich abbildet, kann kaum darauf hoffen, den Schülern schneller etwas beizubringen, als ihnen Lernen in der Form selbstorganisierter Aneignung an komplexen technischen Systemen selbst gelingen könnte. Zum anderen erweitert das sozio-technische System reflektorisch lediglich den ureigenen Tätigkeitsbereich des Technikers, es berührt ihn nicht, mithin nicht die Veränderungen technischen Denkens, die die Entwicklung von Technik kennzeichnen. Also auch nicht den Rückstand, den die schulische Qualifizierung von Technikern aufholen soll. Schließlich operiert das sozio-technische System mit einer Größe, über die es sich ausschweigt: mit dem Wertmaßstab von Technik. Implizit sagt es, eine Konstruktion, die dem Modell konsequent gefolgt ist, sei die richtige. Anders machte der ganze Aufwand der didaktisierenden Modellvorstellung keinen Sinn. Aber dieser Maßstab, der ausdrücklich technikfremde Faktoren mit einschließen soll, wird im Modell nicht ausgewiesen, nicht einmal erörtert. Doch verfügen über einen solchen alle, die mit technischer Entwicklung befaßt sind: Die Ökonomen wollen die billige Technik, die Ökologen die umweltschonende und die Techniker selbst die funktionierende.

Die verwandten Maßstäbe verschaffen sich stets Geltung, meistens aber hinter dem Rücken der Subjekte, mit der Folge, daß sie sich erst an einem konkreten Stück Technik zu erkennen geben. Dann ist es aber nach dem sozio-technischen Modell viel zu spät. Den von diesem eingeschlossenen Maßstäben eignet nur eine vordergründige Transparenz, in Wahrheit bleiben Maßstäbe, die bei Konstruktionen den Ausschlag geben, im Trüben, weil ihre Entstehung gesellschaftlich bestimmt ist. Die Maßstäbe, die Techniker selbst mitbringen, wurzeln in ihrem Selbstverständnis.

II

DAS SELBSTVERSTÄNDNIS DER TECHNIKER

Technisches Wissen wird nicht als bildend erachtet. In humanistischer Tradition geht Bildung, wenn denn von Realien überhaupt, allenfalls von der Beschäftigung mit den Grundlagen allgemeinen Wissens aus. Jedwede Technik verhält sich allerdings zu diesen wie die Pflückkolonne zum Apfelbaumspalier: Man pflückt vom Baum der Erkenntnis, zu deren Zustandekommen man nichts beiträgt. In der Auffassung des guten deutschen Bildungsdünkels sind die Techniker an ihre Mittel gefesselt, von denen aus sie zu Höherem nicht gelangen können. In Wahrheit sind sie von den Zwecken korrumpiert, die die Bürger zum Erhalt ihrer Klasse verfolgen. Techniker sind ökonomisch unselbständig, schmieren aber die Ökonomie der Privateigentümer. Vielleicht liegt über dem Technikberuf ein ähnliches Tabu wie es die Gesellschaft über die Tätigkeit von Lehrern gelegt hat. Mit diesen teilen Techniker ein bestimmendes gesellschaftliches Attribut. In der Praxis sowohl von Pädagogen als auch von Technikern spiegelt etwas Irres zurück: Die Pädagogen wollen letztlich kraft ihrer Zuwendung zu Zöglingen mittelbar eine neue, gerechte Gesellschaft erschaffen, die Techniker gestalten die Welt, jedoch nicht zu ihrem eigenen Zweck. Sie haben eine Macht, die nicht zählt, die nur scheinbar ist. Adorno hat in »abus über dem Lehrberuf« darauf hingewiesen, daß der »Steißstrommler«, der »Pauker« mitsamt seiner Autorität zwar von allen gefürchtet wird, die die Bildungsinstitutionen haben durchlaufen müssen, gleichwohl aber nur geliehene Macht ausübt, die er dazu allein auf Unmündige richten kann, solche eben, die keine Bedrohung darstellen, die die reale Macht herausfordern könnte. Nicht viel anders ist es mit den durchschnittlichen Technikern; von ihnen hängt viel ab, nämlich die ökonomische Macht, aber sie besitzen sie nicht. Entdecken sie ihre bedeutende, mit Macht verquickte Rolle, ähneln sie dem Eunuchen, der in Leidenschaft zu einer Frau entbrennt und schmerzlich erfährt, daß er zum Ziel seiner Leidenschaft nicht wird vorstoßen können. Technik umgibt gesellschaftlich ein Odium von Präpotenz. Und die meisten Techniker mögen individuell sich darüber hinaus entwickelt haben, in der Ausübung ihrer Profession regredieren sie stets auf dieses Niveau, sie identifizieren sich mit der ihnen diktierten Rolle von Instrumenten, derer die Akkumulation bedarf.

Die gesellschaftliche Vermittlung von technischem Denken hat augenscheinlich massenhaft den Sozialcharakter des Technikers hervorgebracht, der folgsam seine Intelligenz für von ihm nicht näher beurteilte, potentiell auch dumme Zwecke einsetzt. Haben Physiker wie Francis Bacon die lebendige Welt verdinglicht, um sie

nach ihren natürlichen Gesetzen zu ordnen, gehen die Techniker schnurstracks zur Konstruktion der Welt über. Ihr Handlungsschema ist artefaktisch, virtuell synthetisch. Wo die hochgezüchtete instrumentelle Vernunft nicht mehr Gegebenes verstehen will, sondern zur Kreation der Dinge fortschreitet, verlangt sie dem Spezialisten den Rückzug hinter den Zweck der Tätigkeit ab, der dem Physiker die Wahrheit seiner Erkenntnis dünkte. In Technik entsteht kraft ihrer Anwendung eine Leerstelle, wo naturwissenschaftliche Erkenntnis ihr fragloses Ziel hatte: Wahrheit der Erkenntnis von Naturgesetzen. Im Techniker kommt instrumentelle Vernunft zu sich selbst zurück, pures Potential, bar jeder Rationalität seiner Freisetzung. Und genau hier fiel in der bekannten Technikgeschichte die Gesellschaft ein. Technischer Fortschritt ist nach Adorno der von der Steinschleuder zur Megatonnenbombe, »satanisches Gelächter« darüber fällig, daß die Gesellschaft, die zur Bedrohung der Megatonnenbombe bedarf, noch im gleichen Gewaltverhältnis steht wie die, die erst die Steinschleuder kannte.

Dem Gewaltverhältnis, das sich auf technischen Fortschritt stützt, kommt man mit einer Ontologisierung von Technik nicht auf die Schliche, weil es Technik an sich nicht gibt. Der konkreten Gestalt von Technik, die vorgeblich zweckfrei sein soll, sieht man ihren Zweck allemal an, wenn die Leerstelle des Zwecks gesellschaftlich gefüllt wurde, d.h., wenn die Techniker sich haben dumm machen lassen. Im Faschismus bestand eine besonders fatale Passung von Technikfetischisten und politischen Analphabeten. Der Konstrukteur des unsäglichen Volkswagens, Porsche, baute für den ihn bewundernden Hitler einen Dinosaurier von Panzer, Maus genannt. In diesem Kampfapparat triumphierte der technische Fetischismus, er war zwar in seinen Details richtig konstruiert, funktionierte aber im Ganzen so miserabel, daß er für keinen Einsatz taugte. Das Gerücht um Porsches Genie nahm davon keinen Schaden. Hitler hielt ihn, wohl weil auf eine untergründige Weise die Mauskonstruktion seine Erwartung erfüllte, die der Symbolkraft von Technik, nicht der Funktion galt. Der unbrauchbare Panzer fügte sich in die Wahnvorstellungen von Wunderwaffen.

Die verordnete Ignoranz der Techniker, die sich nicht darum scheren sollen, was ihre technisch intelligente Produktion so alles anrichtet, beginnt die technische Entwicklung zu behindern. Neuerdings kollidieren die erzwungene Depravation technischer Intelligenz und die Bewältigung neuer technischer Lösungen – die Wirkungszusammenhänge bilden sich in den Kostenrechnungen ab. Wenn ein westdeutscher Chemiekonzern sich über die schlechte Qualität des Rheinwassers beklagt, das die Produktionskosten erhöhe, weil ein anderer Konzern am Oberlauf die seinen durch Verschmutzung des Brauchwassers noch senken zu können glaube, wird die Wasserqualität zur ökonomischen Größe. Die Idylle des dem Mittelfetischismus sich verschreibenden Technikers, Relikt aus der Zeit der Großen Industrie, geht unter solchen Verhältnissen dahin?: Das den Technikern so liebe Mittel untersteht nun Zwecken, die nicht mehr rein technisch, durch bloße Funktion erfüllt werden können. Und die Funktionen von Systemen werden komplizierter. Die Produktivkraftentwicklung droht deshalb zu stocken, wenn sich nicht in der Qualifizierung von Technikern, also an ihrem Selbstverständnis, etwas ändert. Prima facie besteht der Bedarf an anders qualifizierten Technikern im Sinne solcher, die

eine »Technikfolgenabschätzung« wünschen. Das Wort allein hat bereits Folgen für die Sache, die Stellung und Rolle der Technik in der Gesellschaft, die verhandelt wird. Wer so ausdrückt, was er meint, wird nicht erreichen, was er will, weil nicht die Folgen eingesetzter Technik problematisch sind, sondern die Ursache, nämlich die eingesetzte Technik selbst. Das aber verschleiert das Geschwätz von der dringend notwendigen »Technikfolgenabschätzung«.

Es scheint weit hergeholt, den ideologischen Begriff von der »Technikfolgenabschätzung« mit den didaktischen Problemen der Techniker-Qualifizierung zusammenzubringen. Versteht man hingegen die Folgen von konkreter Technik als hervorgebracht von ihr selbst, also sie als Ursache, dann führt an der Unterscheidung zwischen guter und schlechter Technik, richtiger und falscher nichts vorbei. Wenn es darauf aber in der Verwertung ankommt, dann muß die Qualifizierung von Technikern gute und nicht schlechte hervorbringen. Daher stellt sich die Frage, was ist ein guter Techniker und was ist gute Technik?

Dies ist der wunde Punkt, den die gesamte Technik-Didaktik-Debatte nicht klären kann, weil er in ihr keine Rolle spielt. Auch nach dem Modell des sozio-technischen Systems läßt sich für technische Konstruktionen letztlich nur eins fordern: daß sie funktionieren. Die Bewertungskriterien ergänzen dies nur, konstituieren aber, da sie von außen kommen, also changieren können, keinen Begriff von richtiger, guter Technik. Übertrüge man das auf die Textproduktion, offenbarte sich, daß lediglich systemlogische Kriterien nicht reichen. Ein »sozio-literarisches« Modell mit einem analogen Kriterium müßte einem Schülertext das Attribut Text schon zugestehen, wenn auf dem abgelieferten Papier Buchstaben statt gemalter Zeichen stünden. Funktionieren auch unter technikfremden Kriterien ist als Kriterium für Technik viel zu trivial, als daß man daran irgend eine Qualität erschließen könnte. Das Modell des sozio-technischen Systems legt einen Wertmaßstab für die Beurteilung der Technik an, der sich mit dem überholten Selbstverständnis der Techniker deckt, obwohl sein Zweck sein soll, dieses zu verändern.

III

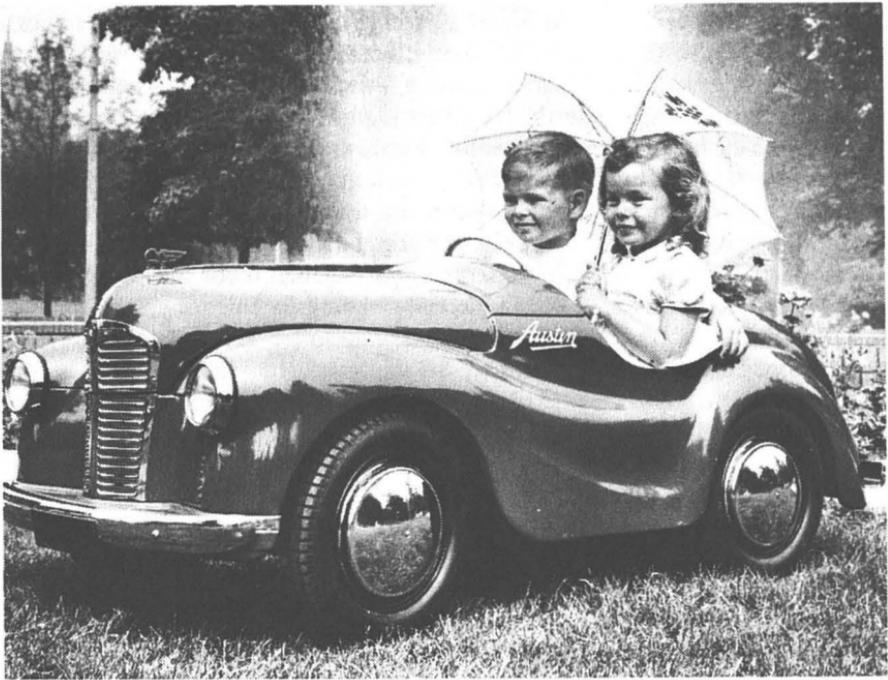
ALLERWELTSTECHNIK

Dabei erscheint nichts einfacher, als gute von schlechter Technik zu unterscheiden. Sie muß human sein, darf die Umwelt nicht schädigen, soll billig sein und von ihrer Produktion dürfen keine Gefahren ausgehen. So wollen es die Grünen, die Arbeitgeber, die Gewerkschaften, die Verbraucherzentralen, alle wollen es und meinen sich im Recht. Der der Klärung bedürftige Unterschied zwischen guter und schlechter Technik wird allerdings davon nicht angesprochen. Z.B. liegt ein erheblicher Denkfehler beim ökologischen Bewertungsmuster vor, wenn man ein Automobil, das mit einem Katalysator ausgestattet ist, als gegenüber einem ohne Abgasreinigung genutzten Fahrzeug für besser hält. Denn die Katalysatortechnik ist an sich schlecht, weil Explosionsmotoren in dem Augenblick selbst schlechte Technik darstellen, wenn ihre Emission zum Problem wird. Gute Technik bestünde darin, die Entstehung von Abgas zu verhindern. Autos mit oder ohne Katalysator haben das gleiche Motorprinzip, also sind sie beide gleich schlecht, sie basieren auf

der gleichen schlechten Antriebstechnik. Genauso ist es mit Kernkraftwerken. Sie mögen den stets behaupteten gigantischen Sicherheitsaufwand einlösen. Aber absurd ist auch in technischer Betrachtung dann ihr Prinzip der Energiegewinnung. Der mit seinem Einsatz verbundene Aufwand blamiert es.

Das ist natürlich nichts Neues. Aber die Gewöhnung an eine technische Entwicklung, die für fortschreitend gehalten werden möchte, scheint so gründlich gelungen, daß sogar eine faktische Verschlimmerung auf dem Wege der noch aufwendigeren Kompensation strukturell angelegter technischer Mängel als Fortschritt gefeiert werden soll. Ein ungeheurer Aufwand wird zur Lösung von Problemen betrieben, die erst mit technischen Lösungen entstehen. Die Techniker heute haben alle Hände damit zu tun, die schlechte Technik aufzupäppeln, sie zu domestizieren. Die Dummheit hat zwar kein System, aber einen fatalen Grund darin, daß die Allerweltstechnik genau so schlecht ist wie die sog. Großtechnik in der Energieproduktion. Mangels technischer Bildung fällt dem Benutzer an der durchschnittlichen Produktion technischer Waren nicht auf, ob sie auf guter oder schlechter Technik basieren. Erschwerend kommt hinzu, daß die Allerweltstechnik affektiv besetzt ist.

Als Beispiel dafür, daß Waren technischen Charakters Affekte hervorrufen, mögen hier die Automobile des VW-Konzerns stehen. Als Prototyp darf er sicher nicht ganz unverdient genommen werden, weil bis zur Mitte der 70er Jahre der VW-Konzern die Chuzpe besaß, seinen sogenannten Käfer zu produzieren. Dieses Auto bestach von Lenkung über Federung bis zum Platzangebot durch dermaßen schlechte technische Einzellösungen, daß ihm eine Zulassung zum öffentlichen Verkehr gar nicht hätte erteilt werden dürfen. Sein Hinterradantrieb zusammen mit dem weit hinten liegenden Schwerpunkt führten bei glatter Fahrbahn dazu, daß das Fahrzeug sich von selbst, den physikalischen Gesetzen folgend, um seine Achse zu drehen begann. Es war laut, bot keinen Platz, und, mit Verlaub, es sah so scheußlich aus, wie alles, was der Faschismus den Massen vorzuschreiben gedachte. Porsche baut übrigens noch immer solche Autos; das einzige noch in nennenswerter Stückzahl verkaufte Modell ist nichts als ein aufgeblasener Käfer. VW und Porsche kommen aus demselben großdeutschen Stall, die Neigung zur Produktion völkischer Autos verrät bereits der Name (ein Volk, ein Wagen – ein Volkswagen), die Werbung hält bis heute die Nähe zur Propaganda von damals: Die Botschaft trägt mit System, fällt zwischendurch in offenen Wahn. Bei dem Modell »411« hatte VW die Stirn, es als völlige Neuentwicklung auszugeben. Tatsächlich war er immer noch der Käfer, nun mit Wasserkühlung. Obwohl durch keinen ersichtlichen Grund noch an die unsinnigen Vorgaben des autoritären Hitlerlieblings Porsche gebunden, entschied Nordhoff, daß das modernste Auto des Konzerns den miesen Käfer in allen Punkten noch einmal überragen sollte, vor allem in Hinsicht darauf, daß er noch konsequenter gegen die Physik konstruiert war. Das Auto konnte sogar auf völlig trockener Straße nicht richtig geradeaus fahren.



Als VW den Golf – eine Entwicklung von Audi-NSU – auflegte, hatte dieser immerhin Frontantrieb, Ziehen ist besser als Schieben. Die Käferfahrer, die zuvor anscheinend die Neigung ihres Fahrzeugs, von alleine sich den Weg gegen den nächsten Chausseebaum zu suchen, als besonderen Reiz empfanden («unsafe at any speed»), schworen nun auf den Frontantrieb, der es gestattet, auch bei Schnee ohne gefährliche Schwänzelei des Hecks anzufahren. Der technische Unfug, der nur einmal in den USA fast die verdiente katastrophale Konsequenz eines Marken-Boykotts herbeigeführt hat, schadet dem Konzern nichts. Seine Volkstechnik wird begeistert akzeptiert, VW kann alles verkaufen und muß seinen Kunden zuliebe nur laufend von großen technischen Errungenschaften schwafeln, sein Wappen drankleben und breite Reifen montieren.

Breitreifen sind auch schlechte Technik. Bei trockener Fahrbahn steigern sie eine Haftreibung, die man bei trockener Fahrbahn gar nicht braucht. Dafür verschlechtern sie das Fahrverhalten bei feuchter oder nasser Straße. Außerdem beeinträchtigen sie die Lenkgeometrie, die wiederum verstärkt werden muß, was stets auf Kosten des Gefühls für die Lage des Fahrzeugs geht. Einige Autos brauchen sie wirklich, z.B. Rennwagen, weil sie sonst ihre 700PS beim Vollgasstart nicht auf die Piste bringen könnten. Keiner braucht aber Rennwagen, auch die Rennfahrer eigentlich nicht, also braucht auch niemand Breitreifen.

Die Konstrukteure vergessen gerne die Physik: Mit der sie im Studium als der sogenannten Grundlagenwissenschaft – nach ihrer vorherrschenden Wahrnehmung – gequält wurden. Sie bauen konsequent gegen die Physik, mit den ganzen kompensatorischen Zusatzaggregaten erzielen sie regelmäßig einen ungünstigen

Schwerpunkt. Der technische Aufwand allerdings gaukelt sogar dem ungeschicktesten Fahrer große Sicherheit vor. Die übergroße Mehrzahl der gegenwärtig produzierten Fahrzeuge läßt sich aber in jenen Fällen, wo Unvorhergesehenes über Menschenleben entscheidet, nur von Rallye-Fahrern beherrschen, denen ein in Kurven hinten ausbrechendes Heck willkommen ist: Weil sie es durch Gegenlenken kompensieren können, erlaubt ihnen diese Technik zum Schein höhere Kurvengeschwindigkeiten. Das mag Geschick erfordern, ist aber unelegant und technisch verkehrt, weil Gleitreibung immer weniger bringt als Haftreibung.

Die Fahrwerke der angeblich modernen Autos haben mehr mit den Kutschen des 19. Jahrhunderts gemein, als sich die Entwicklungsingenieure eingestehen mögen. Dies gilt besonders für die Federungsmechanismen. Zu den simplen Blattfedern sind Stoßdämpfer dazu gekommen: Sie machen wieder gut, was die Federung verdirbt, die horizontale und vertikale Stabilität der kinetischen Fahrzeugmasse. Und die Federung hat die Aufgabe, wiedergutzumachen, was die Dämpfung den Insassen und der Karosserie antut. Natürlich erledigen beide Subsysteme ihre Aufgabe schlecht, die Funktion des einen dementiert die des anderen. Man muß es sich nur technisch vorstellen: Kutschen hatten außer ihrer Masse der Federung keine Dämpfung entgegenzusetzen, ihre Durchschnittsgeschwindigkeit lag vielleicht bei 5km/h. Motorisierte Kutschen erreichen ein Vielfaches davon, in der Konstruktion hatte das den Einbau von Stoßdämpfern zur Folge, die zwanzig- bis vierzigmal schnelleren Kutschen von heute haben ihren technischen Vorbildern also im wesentlichen nur die Stoßdämpfer voraus. Daß man wirklich kommoder in Automobilen als in Kutschen fährt, verdankt sich vornehmlich den besseren Straßen, die Tiefbauingenieure ersonnen haben.

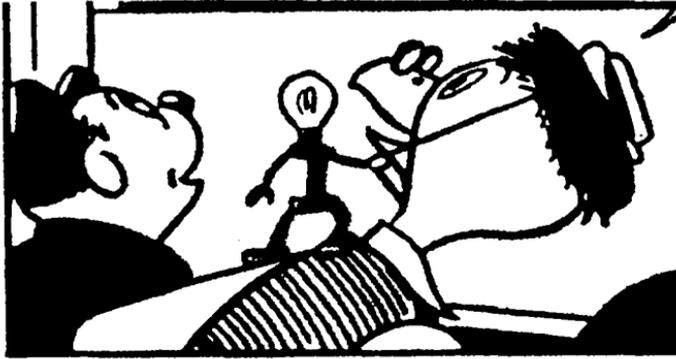
Bis auf wenige Ausnahmen gibt es heute nur Automobiltechnik zu kaufen, deren sichere Beherrschung die meisten Benutzer überfordern würde, wären sie darauf angewiesen. Wirkliche Sicherheit erlegt den Fahrern eine kaum erreichbare, den Todesmut herausfordern Professionalität der Fahrzeugbeherrschung auf, weil das Fahrwerk mit den kinetischen Massen einfach nicht fertig wird. Nur wissen die stolzen Autobesitzer nichts davon. Die Technik, von der sie schwärmen, ist das Gegenteil dessen, was sie zu ihren Kaufargumenten zählen: sicher.

IV

TECHNIK UND GEIST

Ein AUDI-Ingenieur könnte sicher nicht sagen, warum der folgende, zwar einige Jahre zurückliegende, aber nichtsdestoweniger symptomatische Reklame-Gag keine technischen Konsequenzen für die gesamte Produktion hatte: Für den seinerzeit neuen AUDI80 warb man mit dem Hinweis auf einen negativen Lenkrollradius, der verhindert, daß ein gebremstes Fahrzeug aus der Spur bricht, wenn die Straße zu einer Seite hin glatt ist. Die Idee stammt zwar von Citron, wo man davon kein Aufhebens machte und es auch bei einem Lenkrollradius von 0 beließ, damit Fahrer noch die Chance haben zu merken, daß einer der Vorderreifen Luft verliert, aber ein anderer als positiver Lenkrollradius ist tatsächlich besser und auch kein Problem, wenn man Vorderachsen konstruieren kann, möglichst solche, die beim Bremsen

nicht eintauchen, damit der volle Federweg erhalten bleibt. In solchen Fällen ziehen gute Techniker neben der Physik die Geometrie zu Rate. AUDI («Fortschritt durch Technik») machte dergleichen zum Privileg einer Käufergruppe. Den Kleinwagen blieb dieser Vorteil vorenthalten, vermutlich nicht, weil es teurer geworden wäre, sondern um die Klassenbildung zu festigen.



Trotzdem soll man glauben, daß die Autos heute besser denn je seien. Hierzulande nehmen die sogenannten Fachleute davon nur die amerikanischen aus. Das ist zwar richtig, aber auch für jene Fachleute riskant, die vom europäischen Kontinent

ein schlechtes Urteil über amerikanische Automobile fällen. Es hat nämlich nichts mit der Einsicht in die Gründe für den Niedergang der amerikanischen Industrie zu tun, von denen man annehmen darf, daß sie auch hier sich Geltung verschaffen werden: Die letzte, von amerikanischen Ingenieuren beigezeichnete Neuerung, das sog. Borg-Warner-Automatik-Getriebe, liegt über 40 Jahre zurück. Was sie damals in die Riesen-Kutschen einbauten, war tatsächlich neu: statt der Kupplung ein einigermaßen elegant ausgedachter Drehmoment-Wandler und dahinter ein Planeten-Getriebe, das vom im Motor anfallenden, überreichlichen Unterdruck gesteuert wird. Mittlerweile ist es mit dem amerikanischen Erfindungsgeist so weit nicht mehr her, keine amerikanische Firma ist – soweit dem Autor bekannt – noch in der Lage, die New Yorker subway zu sanieren, Symptom für den Rückstand der amerikanischen Verkehrstechnik.

Wie es zu dem Rückstand kommen konnte, läßt sich an der Logik des Zerfalls technischen Geistes, also an dessen Gestalten ablesen. Danach ist das schon genannte Automatikgetriebe bereits die Ausnahme von einer deprimierenden Regel gewesen, die mit steigender Konsequenz den technologischen Standard prägt. Den Anstoß zur Entwicklung eines automatisch schaltenden Getriebes gab der Wunsch nach Vereinfachung der Bedienung eines Automobils. Man hätte auch auf die Idee kommen können, Motoren zu konstruieren, die gegenüber den konventionellen einen mehrfach erhöhten Drehzahlbereich ermöglichen, also durch dilatorische Manipulation der Motorkonstruktion ein Problem zu lösen, das eigentlich im Stand der Kupplungs- und Getriebetechnik bestand. Ein Motor, der sich von der Leerlaufdrehzahl bis z.B. 20.000 U/0m drehen ließe, könnte mit einer starren Untersetzung einen bestimmten Geschwindigkeitsbereich abdecken, mit 30.000 U/0m einen breiteren. Mit Zweitakt-Technik und allem möglichen Aufwand an Motorsteuerung und Materialien ließe sich das vielleicht realisieren, es wäre aber

schlechte Technik, etwa die, die bei Rennmotoren eingesetzt wird. Kein europäischer oder japanischer Ingenieur würde solche Lösungsversuche für möglich und gangbar, also überhaupt für wahrscheinlich halten. Aber dabei irrte er sich, in Amerika wurde tatsächlich in den 50er Jahren versucht, durch Änderung der Antriebstechnik die Fahrzeugbedienung zu vereinfachen, das Schaltgetriebe überflüssig zu machen. Man verfiel auf die aberwitzige Idee, Autos mit Düsenantrieb zu konstruieren. General Motors gelangte bis zu einem fahrbereiten Prototyp, der extreme Mengen Treibstoff verbrauchte, lebensgefährlich heiße Ausstoßgase hinterließ und über keinerlei Äquivalent für die mit dem Antriebsprinzip entfallende Motorbremse verfügte. Erst rührte die Düse, zeitversetzt dann beschleunigte das Fahrzeug, um alsbald kaum noch gebremst werden zu können. Nicht einmal die technikverliebte Air Force wollte solche Mobilitäten in Dienst stellen, obwohl sie über genügend Jet-Piloten verfügte. Das ganze Konzept gehört in eine Technikphantasie, der die Besiedelung des Meeresbodens durch den Bau von Unterwasserstädten oder die Kolonisierung des Mars' die zukunftsweisende Richtung der Menschheitsentwicklung schien. Realisiert wurde davon das Gemini-Projekt, Vorläufer des Apollo-Programms, das in der Mondlandung 1969 gipfelte.

Man mag das heute belächeln, aber der Mythos der Machbarkeit, mannigfaltig gescheitert, blieb in Amerika auf Kurs. Nach der sogenannten Ölkrise gingen die amerikanischen Automobilkonzerne daran, den Benzinverbrauch ihrer Schlitten spezifisch zu senken. Das knapp bis zur Serienreife verfolgte Prinzip bestand darin, von den drüben üblichen 8 Zylindern 2 oder 4 abzuschalten, wenn man sie nicht braucht, also sie nur mitlaufen zu lassen, wenn der Fahrer nicht gerade beschleunigen will. Man kann sich die Freude der Konkurrenz gar nicht vorstellen, mit ansehen zu dürfen, wie da eine riesige Branche auf dem eigenen, dem größten Automobil-Markt der Welt, ihre Entwicklungsressourcen an eine solche idiotische Idee verschleudert: Mit ihrem Prinzip war gesetzt, daß die einzigen, mittlerweile mickrigen Vorteile amerikanischer Motoren, überdimensionierter Hubraum, niedrige Drehzahl und entsprechend ruhiger Motorlauf, ins Gegenteil verkehrt wurden, weil die temporär stillgelegten Motorteile von den arbeitenden mitgeschleppt werden mußten. Sie beklagten ihr Schicksal durch Klappern und Vibrationen, untrügliche Signale eines rapiden Verschleißes, schlechter Funktion. Nachdem das Vorhaben als gescheitert eingesehen wurde, bauen die Amerikaner ihre Autos wieder so, wie sie es seit den 50er Jahren gewohnt sind. – Die Japaner mögen sich da weiter dünken, aber die Übernahme der Patente am Wankel-Motor, der die ihm zugeführte Verbrennungsenergie nur schlecht zu nutzen weiß, und die verbissene Arbeit am sogenannten Magermotor deuten daraufhin, daß sie sich von zukünftigen Ergebnissen etwas erwarten, deren Kläglichkeit heute schon feststeht. Beim Magermotor ist fraglich, ob sich das Gemisch gegenüber heute ca. 15:1 auf 17:1 oder gar 20:1 abmagern lassen. Explosionsmotoren laufen nun einmal nicht ohne zündfähiges Gemisch, auch die Schichtladung oder gar eine Direkteinspritzung verschieben lediglich eine Grenze nach oben, die vom Antriebsprinzip gesetzt ist, dazu um den Preis einer Verschlechterung des Abgasverhaltens, das dann wieder durch katalysatorische Maßnahmen nachgebessert werden muß. Und selbst wenn das Ziel des magersten, chemisch noch eben zur Explosion zu bewegenden

Gemischts erreicht sein wird, dürfte sich der Wirkungsgrad des Explosionsmotors von jämmerlichen 20% auf vielleicht 30% erhöhen. Damit zöge die Automobilindustrie technisch mit Steinkohlekraftwerken gleich. Der ganze Forschungsaufwand ist ungefähr so sinnvoll wie der Plan, beim düsengetriebenen Automobil mittels Wasserkühlung des Abgasstrahls einen Konsensstreifen hinter jedem derart angetriebenen Fahrzeug zu erzeugen. Abgesehen von den einzubauenden Wassertanks hätte dies eine permanente Nebelbildung auf den Straßen zur Folge gehabt.

Alles deutet darauf hin, daß im fortgeschrittensten kapitalistischen Land die Komplizenschaft zwischen kapitalistischer Produktionsweise und Produktivkraftentwicklung zerbricht, die einmal vom englischen Kapitalismus des 19. Jahrhunderts importiert wurde und bis in die 40er Jahre unter der Absenz von Sozialpolitik gedeihen konnte. Das ist nicht anders zu erklären, als daß die Omnipräsenz schlechter Technik den drüben ausgebildeten Technikern gleichsam ansozialisiert wurde. Die Symptome sind unübersehbar: die furchtbaren Autos, die bis auf Ausnahmen rückständige E-Technik einschließlich der Computer-Branche, die veraltete Stahlproduktion und nicht zuletzt der Stand der Energieerzeugung.

Der vom Challenger-Unglück ausgehende Schock war kein echter: Nachdem es analysiert war, was keine Probleme machte, da maßgebliche Techniker und Ingenieure wohl vom Katastrophenpotential wußten, stellte sich ein kaum glaublicher Rückstand technischer Einzellösungen hinter dem technologischen Anspruch des shuttle-Projekts heraus. Die Booster hatten sozusagen Sollbruchstellen (Risiko des Versagens: 1:32). Die für das Sicherheitssystem vorgesehenen Computer rechneten mit einer Geschwindigkeit, die für die Verarbeitung zugelieferter Informationen in Realzeit nicht zureichte, die also irgendwelche, der gefährdeten Sicherheit dienende Aktionen erst einleiten konnten, wenn es für rettende Maßnahmen längst zu spät war.

Wer gegenüber der verdeckten Rüstungsproduktion als Raumfahrt neben der Teflon-Bratpfanne die echte als Beispiel nennen will, um das zu relativieren, der möge sich deren Glanzstücke ansehen, die cruise-missiles oder die stealth-Bomber. Cruise-missiles sind unbemannte Flugzeuge, die sich anhand eines gespeicherten videographierten Landschaftsbildes orientieren, indem sie dieses mit den während ihres Fluges aufgenommenen Bildern vergleichen. Die Idee ist ungefähr so originell wie die Versuche, Computern das Hören und Sprechen zu lehren – sie liegen zumal in der infantilen Phantasie auf der Hand. Um sie im Golfkrieg einsetzen zu können, mußten die USA dem Irak ein Ultimatum stellen, damit Zeit blieb, einen Satelliten über der Region zu installieren, der diese videographisch vermaß. Vermutlich waren die einsatzbereiten cruise-missiles in der kalten Kriegsphase noch mit Karten des sowjetischen Territoriums bestückt. – Mit den stealth-Bombern haben erstmals Chemiker ein Flugzeug gebaut. Dessen Außenhaut absorbiert die Radarstrahlen, die es orten sollen. Dadurch wird es angeblich unsichtbar. Seit es Radar gibt, träumen die Kriegsherren von solchen Stoffen; seit sie verfügbar sind, kann man dergleichen triviale Ideen realisieren.

Was es mit dem geschmäckerlich klingenden Urteil »trivial« tatsächlich auf sich hat, offenbarten Reagans star wars Pläne. Sie warfen schon im Konzept ein grelles

Licht auf die Wurzel des Übels: Die deprimierende Koinzidenz von Kulturindustrie und Technikentwicklung. Die Idee, aus der Stratosphäre einfliegende Projektile dort oben zu bekämpfen, ist nichts Besonderes, das dahinführende Programm aber mit Recht trivial zu nennen, weil es von irgendwelchen barbarischen Video-Spielen vorweggenommen werden konnte. Atomkraftwerke sollten droben installiert werden, damit gigantische Laser-Kanonen Interkontinentalraketen mittels ihres Lichtstrahls zerstören. Die Richtung, dies technisch zu realisieren, war klar: Nichts Neues, nur neue, aberwitzige Realisationen. Die Besiedelung von Mars und Meeresboden kommt wieder in den Sinn, das Auto mit Düsenantrieb, der atomare Kuchenzerteiler gar, das alles ist im Prinzip machbar, aber geistlos, die Techniker kopieren sich immer nur selbst, augenscheinlich sind sie zu mehr nicht fähig.

Definitiv geht der amerikanische Ingenieurgeist von Vorhandenem aus, ihm kommt gar nicht in den Sinn, angesichts neuer Aufgaben Neues zu avisieren. Mit berechtigtem Spott darf man sie alle zusammen Bastler nennen, denen mangels Originalität nichts übrig bleibt, als mit ihren verfügbaren Mitteln diktierte Zwecke zu verfolgen und sich dabei einer Technik zu bedienen, die für die Größe der Aufgabe nicht gedacht war und diese nur durch ausgefeilte Kombinatorik der vorhandenen Elemente zu lösen. Dadurch eben wird sie zur schlechten Technik, sie ist ihrem Zweck so unangemessen wie ein Atomkraftwerk im Vergleich zum Wasserkraftwerk dem Ziel umweltschonender Energiegewinnung. – Die einzige Ausnahme in der amerikanischen Rüstungsplanung macht Mr. Teller, ein Europäer, ihm fiel die Neutronenbombe ein. Sie ist, gemessen am Zweck, Kriege zu gewinnen, bei denen die Herren, die sie angezettelt haben, hinterher nicht das Gefühl beschleicht, es habe sich womöglich doch nicht gelohnt, weil alles zuschanden gegangen ist, gute Technik, ihr Zweck freilich ein verderblicher. So einfach das moralische Urteil sich präsentiert, so schwierig bleibt es, Technik und Humanität zusammen zubringen. Beides verlangt Geist, die Dinge anders zu ordnen, als sie derzeit geordnet sind.

Das in Spezialistenkreisen feststehende abfällige Urteil über den Stand heutiger amerikanischer Technik unter Hinweis auf die japanische und europäische Überlegenheit ignoriert, daß genau jene Bedingungen, die zur Depravation technischer Intelligenz führen, in allen kapitalistischen Staaten wirksam wurden.

Vermutlich spielt in die Unfähigkeit, Krebs zu heilen, die Logik der Forschung hinein. In Amerika hat man damit sehr früh begonnen und wenig erreicht. Die von einer kapitalistischen Nation nicht zu erwartende Lösung des Widerspruchs zwischen der aus humaner Gesinnung resultierenden Intensität der Forschung zur Krebsheilung und Verwertungsinteressen, die die Kaufkraft auch eines krebserkrankten Vorstandsmitglieds lächerlich gegen die eines Konzerns erscheinen lassen müssen, der Milliarden umsetzt, liegt auf den ersten Blick in der maximalen Investition in die Erforschung der Krankheit. Wer einen Dollar einsetzt, befolgt das Prinzip, daß ein Dollar etwas bewirken kann, zwei Dollar mehr. Dem spottet das Raumfahrtprogramm Hohn, die Mondlandung schien den Amerikanern wichtiger als die Hilfe für die, die an Krebs erkrankt sind. Ein humanerer Einsatz, der in Dollarwährung, der Geldwirtschaft schlechthin, kaum vorzustellen ist, von staatlich mobilisierten Mitteln würde zeitlich schneller zum Ziel führen, der Krebsheilung.

Jedoch, man kann mit Geld nicht alles heilen, es muß auch die Lösung gefunden werden, es muß jemand da sein, der sie findet. Die Krebskrankheit ist ein Problem, bei dem die Voraussetzungen, unter der es angefaßt wird, immer wieder in Frage stehen. Trotz des Zynismus, mehr Geld für die nächste Panzer-Generation als für die Krebsforschung auszugeben, fehlt es vielleicht wirklich an dem Verstand, die Lösung zu erbringen. Die Geldwirtschaft, von der alles abhängt, hat aus Kostengründen jenen Geist eliminiert, der in den Wissenschaften und ihrer in Anwendungen übersetzten Prinzipien einmal waltete.

Das Instrumentarium technisch-wissenschaftlicher Forschung hat – vorgeblich ebenfalls Ausdruck technischen Fortschritts – den Erfinder und Tüftler alten Typs durch im Labor arbeitende, disziplinierte, das heißt auf Vorgaben reagierende Expertengruppen ersetzt. Damit ließen sich Direktiven der ökonomischen Führung unmittelbar durchsetzen. Der Erfinder ist also verschwunden, sein Genie entbehrlich. Was denn sein Genie eigentlich war, berichten zumeist törichte Legenden über Firmengründer. Betrachtet man näher, was den genialen Erfinder ausmachte, so gibt weniger die Person selbst Aufschluß über die Zeit wirklicher technischer Neuerungen, als das, was sie sich von ihrem Umfeld – heute würde man sagen, den Fachkreisen – absetzen ließ. Leonardo da Vincis Konstruktionspläne für Flugzeuge und U-Boote sind hinreichend bekannt, sie gelten als Beleg einer genialen Ungleichzeitigkeit. Die Technikgeschichte ist allerdings voller solcher Geschichten. Das Differentialgetriebe, ohne das die Räder eines achsenangetriebenen Fahrzeugs durch eine Kurve nur rutschen könnten, wurde 1827 von Onésiphore Pecqueur ersonnen, zu einer Zeit, als man versuchte, Automobile mit Dampftrieb zu bauen, vorne mit Einrad. Leibniz hat ein binäres Zahlensystem entwickelt und von einer Rechenmaschine geträumt, die auf dessen Basis viel besser als die selbstkonstruierte arbeiten würde. Die Programmiersprachen, die auf den derzeit schnellsten Computern eingesetzt werden, gehen auf Entwicklungen der 50er Jahre zurück, als der Transistor begann, die Röhren zu ersetzen und das Potential der Geschwindigkeitssteigerung, mithin die Zahl der künftigen Anwendungsfälle, noch nicht abzusehen war. Beispiele für technisch originelle Lösungen beherrschen vermutlich die Technikgeschichte bestimmender als es derzeit die unter der Fuchtel ihres Managements stehenden Entwicklungsgruppen tun. Diese haben nicht die technische Originalität verbessert, sondern ersatzlos beseitigt. Eine vollautomatische, dazu mobile Mühle zu bauen wie Oliver Evans, käme heute keiner mehr auf die Idee.

Die Verehrung von technischen Genies wie Werner von Siemens unterschlägt das hervorstechende Merkmal ihrer je eigenen Produktionsweise: Sie hatten eine Idee, über die sie nachdachten. Ihre Lösungen wurden nicht deduktiv erarbeitet, nachgedacht im Wortsinn haben sie, also den Kern der Lösung vor dem Denken schon imaginiert. Sie waren der im technisch-wissenschaftlichen Sinne als gültig aufzufassenden Wahrheit voraus, eben klug, nach der Methode ihres Vorgehens geistvoll. So ziemlich das genaue Gegenteil davon existiert in der gegenwärtig als letzter Schrei gehandelten Methode des Konstruierens, die auch so heißt: methodisches Konstruieren. Sie verlangt dem Konstrukteur ab, seinen Kopf zu leeren, darin tabula rasa zu machen und sich auf nichts zu besinnen als auf sein methodisches Instrumentarium. Sie mag bei einem Wasserkran funktionieren, den jeder sowieso

im Kopf hat. Sie vermittelt das Wie der Konstruktion, nicht das Was, sie ist steril, paßt zur sterilen Technik.

Demgegenüber fiel die Idee dem Konstrukteur alten Typs aus der Analyse vorfindlicher Lösungen zu: Wo sie existierte, erschienen sie ihm viel zu schlecht. Er hat sich die Idee nicht von irgendwelchen Auftraggebern eintrichtern und die Lösung nicht von auf jenem Standard sich bewegenden Vorgängern diktieren lassen, den er für unzureichend hielt. Kurz, er hat ganz anders gearbeitet als die, die heute die technische Entwicklung hervorbringen. Er war unabhängig, er zählte zur Avantgarde technischer Intelligenz.

Leonardo da Vinci und die anderen guten Techniker erscheinen in der bürgerlichen Ideologie als ohne Bezug zu den gesellschaftlichen Verhältnissen, sie arbeiteten vorgeblich solipsistisch. In Wahrheit machte ihr Genie aus, daß sie andere Wahrnehmungen und Erfahrungen als die in der dazu weit unterentwickelten Technik ihrer Zeit möglichen heranzogen. Bei Leonardo ist es ausdrücklich die Natur gewesen, Körper vor allem, die seinen technischen Konstruktivismus anregte und speiste. Wie unreflektiert auch immer diese Erfahrungen in die technische Tüftelei eingegangen sein mögen, der technikgeschichtlichen Avantgarde stand die Kluft zwischen entwickelter zeitgenössischer Kultur und technisch unterentwickelter Rationalität vor Augen. Daß ihnen – mit schwindender Tendenz – außer technischen Wissensgebieten andere zugänglich waren, steht so weit außer Zweifel, daß sich damit für Apologeten der Geisteskultur phänomenologisch der Typus des Universalgenies verband.

Der Stillstand technischer Entwicklung inmitten technischen Fortschritts nach Art kompensatorischer, schlechter Technik ist der Preis, der nach dem Fortschritt der Kulturindustrie entrichtet werden muß. Gute Technik, die kraft intelligenten Geistes von der Erfahrung ausging, daß das Vorhandene nicht zureicht und Neues fällig sei, gedieh in einer Zeit, als die Produktionsweise hinter der Kultur zurückstand, als der Erfinder alten Typs deren Höhe noch erreichte. Gute Techniker handelten nach der Maxime »il faut être absolument moderne«. Seit die Kulturindustrie die individuelle Erfahrung auf jenen Hund brachte, der in der Werbung fasziniert dem Grammophon lauschte, über das er die Stimme seines Herrn vernahm, überholte sie durch Imitation der sterilen Produktionstechnik diese, mit der Folge, den Stand der an sich reproduktiven Produktionstechnik zum Stand der Technik schlichthin zu fixieren. Mit dem Anspruch der Kultur ging auch der technische Geist verloren.

Diese Wirkung trat ab etwa 1920 ein. Wie die Kulturindustrie das Sagen und Singen vorgab, indem sie die Gegenstände der Erfahrungen standardisiert, formierte sich so etwas was wie eine technische Kultur, die z.B. das Bauhaus glorifizierend ausdrückt. So bestehen heute im Proprium der Techniker, in der dominant technisch gestalteten Allerweltswelt, Erfahrungsmöglichkeiten fast ausschließlich negativ: Die herrschende Technik ist so schlecht wie die Produkte der Kulturindustrie im Ganzen. Wie die sprachliche Sozialisation seit langem von der journaile vollzogen wird, liefern die bestellten Entwicklungsingenieure die imagines funktionierender Technik, also das materielle Substrat technischer Bildung, geprägt von einer Geistlosigkeit, die sich dem spezifisch Neuen, das nur außerhalb von bestehender

Technik entstehen kann, verschließt. Der Slogan »his masters voice« duldet nur den slave, der auf Gedeih und Verderb approbierten Vorbildern verfallen bleibt. Ironisch ließe sich sagen, daß man daran sehen könne, wohin Leitbilder führen.

Das erklärt den verspäteten Effekt des Austauschs technischer Phantasie und Intelligenz durch Ingenieure ohne ingenium: Die kaum vom Kapital kontrollierbare technische Entwicklung wird in eine Regie genommen, die nach einigen Generationen dazu führt, daß die neuen Techniker zwar kapitalfromm, aber fachlich auf die geforderten, eingeschränkten Fähigkeiten eingegrenzt sind. In Amerika begann der Prozeß früher, er hat entsprechend früher seine finalen Symptome ausgebildet. In den Problemen, die hierzulande die Qualifizierung von Technikern bereitet, scheinen nun die gleichen Symptome hervor: Bei Modellwechseln in der Automobilindustrie laufen die Bänder nur schleppend an, keiner weiß warum. Vor den Schaltkästen größerer Häuser resignieren die Elektriker, manche drehen förmlich durch, empfinden die neue Technik als Anschlag auf ihre Handwerkerehre. Im Anlagenbau gehen Firmen dazu über, trouble-shooter abzustellen: Zuerst schicken sie ihre Teams von Ingenieuren und Facharbeitern an den Ort, an dem die neue Anlage installiert werden soll; danach folgen die trouble-shooter, weil die Konstruktion, nach genau ausgearbeiteten Vorgaben fehlerfrei installiert, erst noch in Betrieb genommen sein will. Die Fernsehbilder von Raketenstarts, bei denen die Mannschaft des Kontrollzentrums in lauten Jubel ausbricht, wenn das Projektil erst einmal auf seiner Flugbahn bleibt, haben affirmativen Zweck – gleichwohl ist der Jubel echt: inmitten der Präzision von Planung, Vorbereitung und Ausführung bricht sich angesichts des Gelingens die heimliche Angst vor dem Scheitern in der Form archaischer Freude über den Zufall Bahn, noch einmal davon gekommen zu sein.

V

TECHNIK UND ERFAHRUNG

Schlechte Technik muß zu Problemen führen. Derzeit sind es die mit der systemischen Technik. Sie entsteht aus dem Unvermögen, neue Lösungen zu finden, stattdessen Bekanntes zu kombinieren. Aber nicht jede Systementwicklung ist vorweg schlecht, sie kann ihrerseits erfinderisch sein. Komplexität allein gibt nicht den Maßstab her, um zwischen guter und schlechter Technik zu unterscheiden. Ob eine komplexe Konstruktion nur Kombinatorik oder eine sinnreiche Lösung darstellt, bedarf genau jenes Verständnisses von Kritik, das über bloße Funktion hinausgeht: Man muß verstanden haben, was man kritisiert, denn die Sache enthält den Maßstab ihrer Kritik, zu dem nur Erfahrung hinführt.

Die Techniker haben ihre eigene Weise, die hinter ihrem Rücken waltende, alltäglich erfahrene Macht der Objektivität zu reflektieren. Sprüche wie »Theorie ist, wenn man alles weiß und nichts funktioniert; Praxis ist, wenn alles funktioniert und keiner weiß warum« kokettieren mit der latenten Irrationalität einer Praxis unter Verwertungszwängen. Die zahlreichen Variationen von Murphy's law³ belegen das gleiche. Gestandene Techniker schlagen sich scheinbar unreflektiert auf die Seite der Theoriefeindschaft, gemeint ist freilich etwas anderes: Sie präsentieren

ihren Stolz, es besser zu wissen als jene, die am Gelernten festhalten und unbeschadet Konstruktionen entwerfen, die alles andere als fehlerunanfällig sind.

Die Ohrfeige, die beim Röhrenradio half, wenn es keinen Ton von sich geben wollte, ist keineswegs obsolet geworden. Die technikfremde List gegenüber dem Apparat, der nicht funktioniert, obwohl er es dem Plan nach müßte, verlangt dem Wartungstechniker heutzutage noch mehr ab, nicht technologische, vorgedachte Theorie, sondern Intuition: Ihm muß im System die Schwachstelle dämmern, die eigentlich keine sein dürfte. Erst die Idee von der Funktion, ihr Bild gibt etwas an die Hand, in dem Dysfunktionen ihren logischen Ort überhaupt haben können. Er muß jenen Geist, faktisch den Ungeist der fehlerhaften Konstruktion teilen können, um sich darin zurecht zu finden. Ganze Branchen verdanken ihr technisches Niveau klugen Technikern, die die Dysfunktionen der Maschinerie beherrschen. Fragt man naiv, welche Qualifikation solche Leute auszeichnet, lautet die Antwort (verklärend, irrationalisierend) »Der hat dafür ein Händchen« oder (nüchtern, herunterspielend) «Der hat da sehr viel Erfahrung«.

Eigenartigerweise wird dem ausführenden Wartungspersonal zugebilligt, was in der Qualifizierung von Technikern und Ingenieuren angeblich keine Rolle spielen soll: Erfahrung. Damit ist nicht die an konkreten Systemen gemeint, die jemand jahrelang bedient hat (die also erst im Beruf sich einstellen kann). Der Begriff von Erfahrung geht auf Technik in jeder Gestalt, ob im Zusammenhang mit Konstruktion oder Wartung, ob auf die lebensrettende Herz-Lungen-Maschine oder auf die Neutronenbombe: Wer über sie verfügt, wird schneller und besser mit Schwierigkeiten fertig, als derjenige, der bei gleicher Ausbildung und Qualifikation, womöglich gleicher Neugierde, erst nach und nach die Tücken der ihm anvertrauten Technik erkennen wird. Es fragt sich nur, wie solche Erfahrung dem sich eröffnen läßt, der sie noch nicht gemacht hat.

Hier springt im Regelfall pädagogisch-didaktischer Hilflosigkeit der Begabungsbegriff ein. Dem jedoch sollte, wo es um Technik geht, mit großem Mißtrauen begegnet werden, da der als technisch begabt Bezeichnete keineswegs – wie beim Begabungsbegriff sonst zu erwarten – ein positives Attribut erhält, vielmehr ein Stigma. Wer unter Computer-Ängstlichen als jemand auftritt, der Computer einsetzen kann, weil er ihre Funktion versteht, wird als freak verschrien. Die Projektion ist unvermeidlich, da Technik in jeder Form, von der idiotischen bis hin zur vernünftigen, nicht nach dem bemessen wird, was sie leistet, sondern nach dem, was auch der ihr Fernstehende meint, noch zu ihr äußern zu können. Die Meinung eines funktionalen Analphabeten zu einem Brief von Thomas Mann an Adorno würde, wo sie überhaupt existiert, als irrelevant zurückgewiesen, die Meinung eines VW-Fahrers über die Vorzüge seines Käfers ist von Gleichgesinnten jedoch vorweg akzeptiert. Die Analogie trägt spätestens dann, wenn man VW-Fahrer als technische Analphabeten nimmt, die wie ihre Kontrollgruppe unter den funktionalen hypothetisch die Mehrheit bilden. Was die Mehrzahl über Technik denkt, hat den gleichen Wahrscheinlichkeitsgrad, die Wahrheit über den Gegenstand des gemeinsamen Ergötzens zu repräsentieren, wie die Meinung der yellow-press-Leser, ihr Blatt sei die beste journalistische Publikation, um zu erfahren, was auf der Welt passiert. Bekanntlich lesen die Menschen ihr Lieblingsblatt nicht, weil sie etwa

Information wünschen, sondern weil sie ihre Ansichten über das, was überhaupt passieren kann, bestätigt haben wollen. Dies schafft eine narzistische Befriedigung auch dem funktionalen Analphabeten, es unterhält ihn, während er nicht erfährt, was in der Welt passiert, zu der er seine stereotypischen Deutungen sich zurecht gelegt hat. VW-Fahren hat vielleicht einen Unterhaltungswert, aber nichts mit technischem Verstand zu tun.

Die Stigmatisierung zum Techniker ereilt jeden, der sich bemüht, Technik zu verstehen, unabhängig davon, ob er unbegriffener Faszination folgt oder ihm einfach nur nicht gleichgültig bleibt, warum etwas funktioniert, damit sich vielleicht finden läßt, wie es seinem Zweck gemäß besser funktionieren könnte. Dabei schlosse ein auf Verständnis technischer Konstruktionen zielendes Interesse keineswegs ein, Verbesserungen vorzuschlagen, sondern nur einen Typus von Wahrnehmung auf Technik anzuwenden, der jene dringende Kritik ermöglicht, die bislang Technik verschont hat. Im andern Fall bleibt Verbesserung jenen Technikern überlassen, die von Kritik nichts verstehen. So werden sie jedenfalls ausgebildet, sie sollen Konstruktionen lernen, nicht Maßstäbe dafür entwickeln, wie Konstruktionen zu beurteilen wären. Dazu bedürfte es der Erfahrung technischer Gestaltungen.

Erfahrung ist ein blasses Wort für den Prozeß, in dem sie etwas an Habitus und Intellekt des erfahrenden Subjekts bewirkt. Geist ist unabdingbar, sowohl um für Erfahrungen überhaupt zu disponieren als auch, um gewonnene zu nutzen, die schließlich zur rechten Idee von etwas noch nicht Erkanntem führen müssen. Der herkömmliche Technikunterricht basiert im wesentlichen darauf, Vorgesagtes, scheinbar Bewährtes als Maßstab von technischer Arbeit schlechthin den Adepten als geistigen Besitz anzudrehen. Der Kritiklosigkeit, zu der solcher Unterricht die Schüler verurteilt, leistet das objektiv in modernen Konstruktionen und Ausführungen angelegte hohe Anspruchsniveau fatalen Vorschub: Da kompensatorische Technik, in der Bekanntes zu immer höher aggregierten Systemen kombiniert wird, nun einmal kompliziert ist, sorgt dies für falschen Respekt vor der Technik. Aus der Sicht der Schüler empfiehlt sich eine keineswegs völlig unberechtigte inferiore Haltung, da das technische Kauderwelsch kompensatorischer Technik nicht leicht zu verstehen ist. Wo sie über eigene Erfahrungsfähigkeit verfügen und korrespondierende Exempel guter Technik kennengelernt haben, ergibt sich zwangsläufig eine Kluft zwischen dem eigensinnig erworbenen Bild von Technik, das professionalisiert werden müßte und dem, das ihr Unterricht als in höchstem Maße komplex vermittelt. Sie werden sich ihre Erfahrungen bewahren, um sie dann später praktisch gegen die hohen, faktisch hohlen theoretischen Ansprüche einer sterilen Konstruktions- oder Maschinenlehre auszuspielen – womöglich ein Ressentiment gegen systemische Technik entwickeln, das zwischen guter und von rückständiger Kompensation erzwungener schlechter Technik nicht mehr zu unterscheiden weiß. Sie werden dann die lästerlichen Gesetze des Mr. Murphy der weiter, vermutlich ins Absurde, gesteigerten Technik anpassen. Am Mangel an Funktionalität werden sie des Schlechten der Technik gegenwärtig, zu Pessimisten einer Profession, die offiziell als die optimistisch in die Zukunft blickende gilt.

Wenn es ohne Erfahrung nicht geht, dann muß im Technikunterricht neben Fertigkeiten auch Geist geschult werden. Letzterer macht zur Bedingung, daß geistlose Konstruktionen als solche ausgewiesen und nicht als das Neueste, das automatisch Beste hingestellt werden. Der Technikdidaktik ist zu raten, nicht so häufig bei BMW einzukehren – bildender dürfte der Besuch im Deutschen Museum sein. Dort und anderswo, etwa in alten Berg- und Stahlwerken, im Kriminalmuseum, bei den modernsten Automobilfabriken, in der Kühlschrankproduktion, überall findet man technische Gestaltungen, deren Analyse Techniker bilden kann, wenn sie unter anderer als der Vorgabe erfolgt, dem sei von nun an nachzueifern. Der Bewertungsaspekt, den Technik selbst, nicht erst Ökonomie, Ökologie und katholische Sozialethik enthält, vermag etwas gegen die imagines der ubiquitären schlechten Technik auszurichten. Erst wenn das der Erfahrung mächtige Subjekt technischen Denkens wieder restituiert ist, können gesellschaftlich legitime Ansprüche an die Gestaltung von Technik auf einen Adressaten rechnen. Auch wenn die Vorstellung unbequem ist: Ein Konstrukteur für die bessere Version des elektrischen Stuhls findet sich immer, die Hoffnung, daß ein E-Techniker sich weigert, dergleichen noch zu verbessern, setzt den besseren Techniker voraus.

Die Probleme mit der Qualifizierung von Technikern sind nicht mehr als ein Symptom, in dem der Stand der schlechten Technik erscheint. Ihre systemische Tendenz setzt das Lernvermögen der angehenden Techniker unter Druck. Aber eben dieser Tendenz müssen sie folgen, weil die Wahrnehmung systemischer Technik der Scheidung zwischen Kombinatorik, dem Deckbild des technologischen Rückstands, und dem Neuen, das in der Beherrschung von Systemen selbst liegt, vorausgeht. Das sozio-technische System ist allenfalls bei der Wahrnehmung konkreter Technik hilfreich, nicht mehr beim zwingend notwendigen, folgenden Schritt der Kritik systemischer Technik, wo diese aufgrund unterlassener Entwicklung ihrer veralteten Bestandteile hinter der Aufgabe zurückgeblieben ist, die zu lösen sie vortäuscht. Das Modell des sozio-technischen Systems verweist die Maßstäbe, denen technische Entwicklungen folgen sollen, auf die »Systemumwelt«, in Technik läßt es nur das Kriterium der Funktion zu. Dadurch eskamotiert es jenen Maßstab, der in Technik selbst liegt, und an dem sich der gesellschaftliche Einsatz von Technik und ihre Entwicklungstendenz messen ließen: Gute Technik ist den Zwecken voraus, die ihr die gesellschaftlich rückständige Gesellschaft steckt. Sie sprengt die aus den Produktionsverhältnissen resultierende Klassenbildung in der Allerweltstechnik, indem sie anstelle aufwendiger Kombinatorik die neue Lösung findet, die nur darum, weil sie neu ist, als genial vergötzt, neutralisiert werden kann. Gute Technik ist in einer Weise geistvoll, die ökonomisch durchschlägt, darum gefährlich, weil sie den von Marx so bezeichneten moralischen Verschleiß der alten Technik bewirkt und deshalb deren Weiterverwendung als technisch unsinnige, gesellschaftlich verhängnisvolle Folge der nichtkontrollierten Verfügung über die Produktivkräfte demaskiert. Die reale Direktion technischer, wissenschaftlich initiiertter Entwicklung hat einen, wie Horkheimer formulierte, Akzent, der andere als die genehmen Möglichkeiten unterdrückt. Weil es nicht reichen würde, nur politisch die Richtung technologischen Fortschritts festzulegen, sondern dieser von einem erreichten Kenntnisstand ausgehen muß, bedarf es technischen Verstandes, aus

dem Erreichten etwas Besseres zu machen, damit in einer Situation, in der fraglich wird, ob Techniker ihre Technik technisch noch beherrschen, nicht die Hoffnung vollends Ideologie wird, die Gesellschaft könne einmal soweit kommen, ihre Produktionsweise zu ihrem Nutzen zu beeinflussen.

Gute Technik hat auch jenseits ihrer bislang nicht realisierten Bestimmung, das Leben lebendig zu machen, indem sie vom Reproduktionsdruck entlastet, einen



Aspekt, der sich an der Neutronenbombe des Mr. Teller demonstrieren läßt: Während von der Pistole bis zur Atombombe Waffen die Ideologie gerecht ausgeübter Gewalt stabilisieren, weil es ihr zufolge nur auf den Zweck des Einsatzes ankomme, spricht die Neutronenbombe aus, worum es denen geht, die ihre Konstruktion und ihren Bau befehlen: Sie ziehen sie allen anderen Waffen im

Ernstfall vor, weil die Vernichtung von Menschen mittels Neutronenstrahlung die Beute nicht aufs Spiel setzt, derentwegen Kriege nach wie vor lohnen können.

Anmerkungen

- 1 Die meisten E-Techniker haben Leitungsphänomene physikalisch nicht so recht verstanden; was Strom ist, wird sogar in vielen E-Technik-Lehrbüchern falsch erklärt. Brauchbare Modellvorstellungen müssen ihnen reichen. Elektronen sind den Technikern letztlich ein Rätsel, während die dafür zuständigen Physiker längst daran gegangen sind, die Bestandteile von Atomen zu zertrümmern. Untergründig komisch ist, daß sie dazu aufwendige Anlagen benötigen, die ihnen Techniker auch bauen können – ohne von Physik etwas wirklich zu verstehen.
- 2 Der Fetischismus ist nicht nur eine zeitliche Erscheinung, er ist in Technik selbst angelegt, variiert allerdings in der Verbreitung. Ein schönes Beispiel für die völlige Ignoranz von Voraussetzungen und Folgen einer in der Konsequenz fanatischen Konzentration auf technische Lösungen ist folgendes: Im Rahmen des Manhattan-Projektes mußte eine Urananreicherungsanlage gebaut werden. Die von Physikern beratenen Ingenieure planten drauflos und meldeten ihrem Pentagon-Beschaffungsoffizier bei der zuständigen Stelle die Menge an benötigten Kupferrohrleitungen. Die reagierte nach kurzer Zeit einigermaßen ratlos: Was die Techniker haben wollten, übertraf die Weltjahresproduktion an Kupfer. Die ganze Anlage mußte neu geplant werden, dies hatte Folgen bis in die Verfahrenstechnik, die Arbeit war also in erheblichem Umfang umsonst geleistet geworden. Trial and error.
- 3 »If anything can go wrong, it will.«