

# Technikbewertung in Lehre und Forschung

Von Michael F. Jischa

Bei dem Aufsatz handelt es sich um die Kurzfassung eines Buchartikels „Technikfolgenabschätzung in Lehre und Forschung“ in Petermann/Coenen (1999): „Technikfolgenabschätzung in Deutschland“. Campus, Frankfurt am Main, S. 165 – 195. Darin sind die hier angeführten Literaturstellen zu finden.

Die sechziger Jahre markieren einerseits einen Höhepunkt der Technikeuphorie (Sputnik, Mondlandung) und andererseits die beginnende Erkenntnis, daß technischer Fortschritt nicht unbedingt mit humanem Fortschritt gleichzusetzen ist. Diese Bewußtseinswende läßt sich in mehrfacher Weise verdeutlichen. Zum ersten wurde Mitte der sechziger Jahre in den USA der Begriff „Technology Assessment“ (TA) geprägt. Die TA-Diskussion führte bei uns – ebenso wie in vergleichbaren Ländern – zu wachsenden TA-Aktivitäten und der Einrichtung von entsprechenden Institutionen, die mit den Begriffen Technikbewertung oder Technikfolgenabschätzung verbunden sind. Zum zweiten wurde 1968 der Club of Rome gegründet, der 1972 seine erste Studie „Die Grenzen des Wachstums“ vorstellte. Drittens wurde Betroffenheitsliteratur wie etwa „Der stumme Frühling“ (1962) zunehmend zur Kenntnis genommen. Daraus erwuchs viertens eine anschwellende Nachhaltigkeitsdebatte, die über den Bericht „Global 2000“ (1980), den Brundtland-Bericht „Unsere gemeinsame Zukunft“ (1987) mit der Formulierung des Leitbildes „Sustainable Development“ einen vorläufigen Höhepunkt in der Agenda 21, dem Abschlußdokument der Rio-Konferenz für Umwelt und Entwicklung 1992, fand. Die TA-Debatten und Fragen einer Institutionalisierung sind darin fest verankert.

Meine Ausführungen sind in vier Abschnitte untergliedert und beginnen mit der zentralen Frage:

## 1. Warum soll TA in den (Ingenieur-) Wissenschaften verankert werden?

Ohne eine überzeugende Beantwortung der ersten Frage werden die weiteren Punkte gegenstandslos sein. Interessanterweise beginnen Diskussionen (insbesondere mit Bedenkenträgern) häufig mit dem wie, auch wenn eigentlich das warum gemeint ist. Von daher wende ich mich zunächst ausführlich der ersten Frage zu, um alsdann die folgenden Fragen zu behandeln:

## 2. Wie kann TA gelehrt werden?

## 3. Welches sind TA-relevante Forschungsthemen?

In beiden Fällen werde ich großen Wert darauf legen, auf Anschlußmöglichkeiten an etablierte Lehrinhalte und Forschungsthemen insbesondere in den Ingenieurwissenschaften hinzuweisen. Beispielhaft werde ich über eigene Erfahrungen an der TU Clausthal berichten.

Abschließend werde ich in

## 4. TA als Chance

darlegen, warum TA als fachübergreifende Disziplin hervorragend geeignet ist, die „Zwei Kulturen“ zusammenzuführen.

## Warum soll TA in den Ingenieurwissenschaften verankert werden?

Bis vor gut zwei Jahrzehnten war der Fortschrittsglaube überall in der Welt ungebrochen. Insbesondere die Aufbauphase in unserem Land nach dem Zweiten Weltkrieg wurde davon getragen. Die Erde schien über nahezu unerschöpfliche Ressourcen zu verfügen, und die Aufnahmekapazität von Wasser, Luft und Boden für Schadstoffe und Abfälle schien unbegrenzt zu sein. Die Segnungen der Wissenschaft und Technik verhießen geradezu paradiesische Zustände.

Alles schien machbar zu sein, und man glaubte, daß Wohlstand für alle – und damit auch für die Entwicklungsländer – nur eine Frage der Zeit sei. Die Entwicklungsländer huldigen uneingeschränkt – ebenso wie die Länder des zerfallenden ehemals kommunistischen Teils der Welt – dem Fortschrittsglauben, während dieser in der industrialisierten Welt zunehmend ins Wanken gerät. Ironischerweise bedurfte es erst des Wohlstands, damit die im Wohlstand lebenden Gesellschaften die Technik und deren Segnungen zunehmend skeptisch beurteilen. Hierfür lassen sich in der westlichen Welt mehrere Ereignisse exemplarisch nennen.

1969 landeten zwei US-Astronauten als erste Menschen auf dem Mond. Dies markierte einerseits einen Höhepunkt der Technikeuphorie. Andererseits wurde über die Fernsehschirme die Botschaft zu uns getragen, daß unser Raumschiff Erde endlich ist, und daß wir alle in einem Boot sitzen.

Wenig später erschien 1972 (auf deutsch 1973) der erste Bericht an den Club of Rome unter dem provozierenden Titel „Die Grenzen des Wachstums“ (Meadows 1973), und ebenfalls 1972 führten die Vereinten Nationen eine erste Umweltkonferenz in Stockholm durch. Seit jener Zeit, die man als Zeit der ökologischen Bewußtseinswende in der westlichen Welt bezeichnen kann (von Lers-

ner 1992), beherrschen nicht mehr nur Fortschrittsglaube und Zukunftsoptimismus die öffentliche Diskussion. Vielmehr werden Fragen nach der Zukunftsfähigkeit unserer Gesellschaft gestellt, die als „Herausforderung Zukunft“ zusammengefaßt lauten (Jischa 1993 a):

„Die Fortschritte und Segnungen der Technik werden zunehmend von deren Gefahren und Risiken überschattet. Großtechnische Katastrophen, drohende Verelendung der Dritten Welt, Flüchtlingsströme als Folge krasser wirtschaftlicher Unterschiede, Energiekrisen, Treibhauseffekt, Waldsterben und Ozonloch, Müllberge, Verschmutzungen des Bodens, der Gewässer und der Luft, Raubbau an der Natur und Plünderung des Planeten Erde beherrschen zunehmend die Diskussion in den Medien.

Nichts hat die modernen Industriegesellschaften stärker geprägt als technische Innovationen. Nichts verändert Gesellschaften radikaler als der immer rascher fortschreitende technische Wandel. Seit einigen Jahrzehnten ist deutlich, daß bestimmte technische Entwicklungen schwerwiegende und irreversible Folgen haben, die zukünftigen Generationen nicht zu verantwortende Hypotheken aufladen.

Was müssen wir tun, um die Zukunft möglich zu machen? Welche Technologien sind in der Lage, eine dauerhafte und nachhaltige Entwicklung (sustainable development) der Menschheit zu gewährleisten? Die Fragen nach der Umwelt-, der Human-, der Sozial- und der Zukunftsverträglichkeit neuer Techniken erhalten einen immer größeren Stellenwert.“

Die internationale Diskussion über die Herausforderung Zukunft läßt sich durch drei Problemkreise beschreiben (Jischa 1993 b):

### • Zunahme der Weltbevölkerung

Man spricht von Bevölkerungsexplosion, um die Dramatik zu verdeutlichen. Die wachsende Verelendung der Dritten Welt, die Flüchtlingsströme und das Asylantenproblem haben ihre Ursachen – neben anderen – ganz wesentlich in der Bevölkerungsexplosion.

### • Versorgung der wachsenden Weltbevölkerung mit Energie und Rohstoffen

Das Versorgungsproblem ist bei den mineralischen Rohstoffen durch technologische Maßnahmen wie Recycling und Substitution durch andere Materialien deutlich entschärft worden. Bei den Energierohstoffen und auch bei den natürlichen Ressourcen „sauberes“ Wasser und „saubere“ Luft wird es in naher Zukunft zu Verteilungskämpfen kommen.

### • Zerstörung der Umwelt

Diese ist ursächlich mit den beiden ersten Problemkreisen verknüpft sowie mit der Art der Technologien, mit denen wir unseren Wohlstand erhalten oder gar mehr. Hierzu gehören im einzelnen der Treibhauseffekt, das Waldsterben, das Ozonloch, die Müllberge, die Verschmutzungen des Bodens, der Gewässer und der Luft sowie großtechnische Katastrophen.

Ein frühes aufrüttelndes Signal setzte die amerikanische Biologin Carson mit ihrem inzwischen ►

zum Kultbuch der Ökologiebewegung avancierten Band „Der stumme Frühling“ (Carson 1963). Zehn Jahre später schockierten D. und D. Meadows mit dem ersten Bericht „Die Grenzen des Wachstums“ an den 1968 gegründeten Club of Rome die Öffentlichkeit (Meadows 1973). Ihr Buch hat inzwischen eine Auflage von über 10 Mio. erreicht. Knapp zehn Jahre danach erschien der von Carter, dem damaligen Präsidenten der USA, initiierte „Bericht an den Präsidenten“ (Global 2000, 1980).

Im Jahr 1987 folgte der Brundtland-Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung mit dem Titel „Our Common Future“ und kurz darauf die deutsche Version „Unsere gemeinsame Zukunft“ (Hauff 1987). Dieser Bericht hatte maßgeblichen Anteil daran, das Leitbild Sustainable Development einer größeren Öffentlichkeit nahegebracht und damit die Diskussion in Gang gesetzt zu haben.

Der entscheidende Durchbruch hin zum heutigen Diskussionsstand erfolgte nach der Rio-Konferenz für Umwelt und Entwicklung im Jahre 1992. Die Vereinten Nationen hatten geplant, 20 Jahre nach der ersten Umweltkonferenz 1972 in Stockholm eine zweite Umweltkonferenz 1992 in Rio de Janeiro durchzuführen. Diese war schon in der Vorbereitungsphase von nahezu unüberbrückbaren Gegensätzen gekennzeichnet. Aus Sicht der Industrieländer hat der Umweltschutz oberste Priorität. Sie sehen die Bevölkerungsexplosion in der Dritten Welt als Hauptursache für die Umweltkrise an. Die Entwicklungsländer halten dagegen die Verschwendung und den ungebremsten Konsum in der Ersten Welt für die Hauptursache der Umweltkrise und fordern für sich „erst Entwicklung, dann Umweltschutz“.

Diese Auseinandersetzung im Vorfeld führte dazu, daß die Weltkonferenz schließlich die Bezeichnung UN-Konferenz für Umwelt und Entwicklung (UNCED = United Nations Conference on Environment and Development) trug. Auch wenn die Mammutkonferenz nur wenige konkrete Ergebnisse hervorgebracht hat, so hat sie die derzeitige Situation, die tragische Ausmaße aufweist, in drastischer Weise deutlich gemacht.

Gelingt es den Entwicklungsländern, das Wohlstandsmodell der Industrieländer erfolgreich zu kopieren (was sie mit unserer Hilfe mehr oder weniger erfolgreich versuchen), so wäre das der ökologische Kollaps des Planeten Erde. Davon kann man sich leicht überzeugen, wenn man den derzeitigen Verbrauch der Industrieländer an Primärenergie und Rohstoffen sowie die damit verbundenen Umweltprobleme auf die Entwicklungsländer hochrechnet.

Somit lautet die schlichte Erkenntnis, daß die Dritte Welt nicht mehr so werden kann, wie die Erste jetzt ist, und die Erste zwangsläufig nicht mehr so bleiben kann, wie sie noch ist. Kurz formuliert: Das Wohlstandsmodell der Ersten Welt ist nicht exportfähig.

Die Ergebnisse der Rio-Konferenz sind in der Agenda 21 zusammengestellt (BMU 1992). Das hat dazu geführt, daß die Begriffe „Leitbild Nach-

haltigkeit“ und „Agenda 21“ zunehmend synonym verwendet werden.

Alle politischen Parteien und alle gesellschaftlichen Gruppen in unserem Land bekennen sich zu dem Leitbild Nachhaltigkeit. Was darunter einvernehmlich verstanden wird, kann z. B. einem Positionspapier des Verbandes der Chemischen Industrie entnommen werden (VCI 1994):

„Die zukünftige Entwicklung muß so gestaltet werden, daß *ökonomische, ökologische und gesellschaftliche* Zielsetzungen gleichrangig angestrebt werden. ... Sustainability im *ökonomischen* Sinne bedeutet eine effiziente Allokation der knappen Güter und Ressourcen. Sustainability im *ökologischen* Sinne bedeutet, die Grenze der Belastbarkeit der Ökosphäre nicht zu überschreiten und die natürlichen Lebensgrundlagen zu erhalten. Sustainability im *gesellschaftlichen* Sinne bedeutet ein Höchstmaß an Chancengleichheit, Freiheit, sozialer Gerechtigkeit und Sicherheit.“

Die Überzeugungskraft des Leitbildes Sustainability = Nachhaltigkeit ist offensichtlich groß. Mindestens ebenso groß scheint jedoch die Unverbindlichkeit dieses Leitbildes zu sein, da die verschiedenen gesellschaftlichen und politischen Gruppen jeweils „ihrer“ Säule (entweder der Wirtschaft, der Umwelt oder der Gesellschaft) eine besonders hohe Priorität zuerkennen. Zielkonflikte sind vorprogrammiert, politische und gesellschaftliche Auseinandersetzungen belegen dies.

Das Leitbild Nachhaltigkeit ist allseits akzeptiert, aber diffus formuliert. Die fällige Umsetzung leidet sowohl an ständigen Zielkonflikten als auch an fehlender Operationalisierbarkeit. Sowohl der Bericht der Brundtland-Kommission als auch die Agenda 21 haben das Leitbild Sustainable Development bewußt diffus formuliert. Es hat den Charakter eines allgemeinen Grundsatzprogramms und hält Fragen nach der Operationalisierung und Instrumentalisierung weitgehend offen.

Damit wurde ein hohes Maß an internationaler Konsensfähigkeit erreicht. Die unerläßliche Anschluß- und Resonanzfähigkeit des Leitbildes an bestehende und etablierte Konzepte und Paradigmen waren damit gegeben.

Der dafür gezahlte Preis war hoch. Das Leitbild läßt völlig offen, wie die konsensstiftende Aussage „Die zukünftige Entwicklung muß so gestaltet werden, daß *ökonomische, ökologische und gesellschaftliche* Zielsetzungen gleichrangig angestrebt werden“ umgesetzt werden kann und soll. Das Vernebelungspotential des Leitbildes ist enorm und fordert zu Alibihandlungen geradezu auf.

Halten wir als Fazit fest: Das generelle Ziel Nachhaltigkeit ist allseits akzeptiert, weil diffus formuliert. Die fällige Umsetzung leidet sowohl an ständigen Zielkonflikten, als auch an fehlender Operationalisierbarkeit. Für Naturwissenschaftler und Ingenieure läßt sich aus dem Zielsystem „Sustainability = Nachhaltigkeit“ folgende interdisziplinär zu behandelnde Aufgabe formulieren: Wie kann Technik human-, sozial-, umwelt- und zukunftsverträglich gestaltet werden? Damit ist die zentrale Aufgabe der neuen Disziplin „Technikbe-

wertung“ umrissen, die sich an einigen Hochschulen in Forschung und Lehre zu etablieren beginnt. Hierzu (Jischa 1997a):

„Die Ingenieure haben technische Entwicklungen schon immer bewertet, das ist keine neue Fragestellung. Bislang bezog sich deren Bewertung nahezu ausnahmslos auf zwei Bereiche: einerseits auf technische Aspekte wie Funktionalität und Sicherheit und zum anderen auf ökonomische Fragen nach deren Wirtschaftlichkeit innerhalb vorgegebener rechtlicher und fiskalischer Randbedingungen.“

Das Leitbild Zukunftsfähigkeit ist umfassender. Nunmehr muß der Werthorizont technischer Entwicklungen auf Fragen der Umweltqualität (Umweltverträglichkeit) und der Lebensqualität (Sozial- und Humanverträglichkeit) ausgedehnt werden. Dies ist eine hochrangig interdisziplinäre Fragestellung“.

Thesenartig zugespitzt bedeutet das (Jischa 1997b):

- „Die ökologischen und sozialen Probleme sind (oder werden) von solcher Dimension, Tragweite und Komplexität, daß alle wissenschaftlichen Disziplinen einen Beitrag zu ihrer Lösung leisten müssen.“
- Technikbewertung kann *das* Konzept zur Beantwortung der Frage sein: Welche Technologien sind in der Lage, eine nachhaltige und dauerhafte Entwicklung der Menschheit zu ermöglichen?“

Die durch Technik erzeugten Probleme können nur mit Technik gelöst werden. Die entscheidende Frage lautet: Welche Technik ist nachhaltig? Insbesondere für Natur- und Ingenieurwissenschaftler ergibt sich daraus folgende Aufgabenstellung; auch und gerade bei einer diffus formulierten Zielvorgabe sind folgende Probleme zu behandeln:

- Unterschiedliche Szenarien müssen *verglichen* werden.
- Relevante *Indikatoren* müssen entwickelt werden.
- Dies ist nur möglich auf der Basis *quantifizierbarer* Aussagen.
- Quantifizierung verlangt *Meßbarkeit*.
- Vergleichbarkeit verlangt *Bewertung*.
- Bewertung verlangt *Kriterien*.

Auch in der Forschungspolitik tritt die Bedeutung vernetzter Nachhaltigkeitsforschung immer deutlicher zutage. So schreibt der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen in der Einleitung zu seinem Jahresgutachten 1996 (WBGU 1996, S. 3):

„Erstmals in der Geschichte wirkt sich menschliches Handeln auf die Erde als Ganzes aus. Die daraus resultierenden globalen Umweltveränderungen bestimmen das Verhältnis der Menschheit zu ihren natürlichen Lebensgrundlagen völlig neu. Dieser in seiner Geschwindigkeit einzigartige, vielfach bedrohliche Transformationsprozeß wird als *Globaler Wandel* bezeichnet. Er kann nur verstanden werden, wenn die Erde als *ein* System begriffen wird. Auch für die Wissenschaft ist dies eine große Herausforderung: Sie muß erklären, wie sich das System Erde durch anthropogene Eingriffe ►

verändert, wie umgekehrt diese Prozesse durch die natürliche Veränderung des Erdsystems beeinflusst werden und schließlich, ob und in welchem Maße Steuerungsmöglichkeiten des Globalen Wandels bestehen. ...

Forschung zum Globalen Wandel, im vorliegenden Gutachten als *GW-Forschung* bezeichnet, stellt somit hohe Ansprüche an Integrationsfähigkeit, Flexibilität und Vorstellungskraft von Wissenschaftlern, Förderinstitutionen und Nutzern. Innovative Leitlinien und Strukturen sind erforderlich, um den jeweiligen Problemkomplex forschungsgerecht zu gliedern und Lösungskompetenz zu erarbeiten. Die „klassische“ Umweltforschung wird diesen Ansprüchen bisher nicht gerecht.“

Der in dem WBGU-Gutachten thematisierte Systembegriff führt unmittelbar zu einer Anschlußmöglichkeit an ein klassisches und gleichzeitig überaus modernes – weil übergreifendes – Ingenieursfach, die Systemtechnik. Bevor ich darauf näher eingehe, möchte ich zur Vorgehensweise in der Technikbewertung aus der gleichnamigen VDI-Richtlinie 3780 zitieren (VDI 1991):

„Technikbewertung bedeutet hier das planmäßige, systematische, organisierte Vorgehen, das

- den Stand einer Technik und ihre Entwicklungsmöglichkeiten analysiert,
- unmittelbare und mittelbare technische, wirtschaftliche, gesundheitliche, ökologische, humane, soziale und andere Folgen dieser Technik und möglicher Alternativen abschätzt,
- aufgrund definierter Ziele und Werte diese Folgen beurteilt oder auch weitere wünschenswerte Entwicklungen fordert,
- Handlungs- und Gestaltungsmöglichkeiten daraus herleitet und ausarbeitet,

so daß begründete Entscheidungen ermöglicht und gegebenenfalls durch geeignete Institutionen getroffen und verwirklicht werden können.“

Am Ende des ersten Abschnitts „warum TA“ möchte ich einige unterstützende Aussagen des VDI zitieren. Diese haben mit dem offenkundigen Befund zu tun, daß die nichtintendierten Folgen technischer Entwicklungen mit beschleunigter Dynamik deren angestrebte Ziele konterkarieren und daß unerwünschte Neben- und Folgewirkungen den technischen Fortschritt zunehmend verdunkeln. Daher wird neben dem unverzichtbaren Fachwissen, dem Verwertungs- und Verfügungswissen, das Orientierungswissen für Ingenieure immer wichtiger. Der Verein Deutscher Ingenieure spricht in seiner Empfehlung für eine zukunftsorientierte Ingenieurqualifikation gar von einer „Ingenieurausbildung im Umbruch“. In deren Präambel heißt es (VDI 1995):

„Der grundlegende Strukturwandel in Technik, Wirtschaft und Gesellschaft, ausgelöst einerseits durch neue wissenschaftliche Erkenntnisse, durch fortschreitende Internationalisierung der Märkte und Verschärfung des Wettbewerbs und andererseits durch steigendes Umweltbewußtsein, durch die ambivalente Einstellung der Gesellschaft zur Technik und die Ambivalenz der Technik selbst, stellt neue Anforderungen an die Qualifikation der

Ingenieure. ....

Im Zuge dieses Strukturwandels sind neben den fachlichen Kenntnissen und Fähigkeiten zunehmend Teamfähigkeit, Methodenkompetenz, systemisches und vernetztes Denken erforderlich. Erwartet werden auch Urteils- und Handlungskompetenz in Zusammenhang mit gesellschaftlichen, interkulturellen, politischen, ökonomischen und ökologischen Bedingungen und Folgen der Entstehung und Verwendung von Technik.

Daraus ergeben sich grundlegende Änderungen in der Struktur des Bildungswesens, der Auswahl der Studieninhalte und der Lehrmethoden.“

In welcher Weise die Struktur der Studieninhalte verändert werden sollte, wird in der Empfehlung mit expliziter Nennung der Disziplin „Technikbewertung“ so verdeutlicht:

„Den Kern der im Studium zu erwerbenden Ingenieurqualifikation sollte ein breites Spektrum an mathematisch-naturwissenschaftlichem, technischem und übergreifendem Grundlagenwissen bilden. Dieses sollte sich über alle in Betracht kommenden Ausbildungsfächer erstrecken und dadurch die Basis für die später erforderliche berufliche Mobilität legen. Die fundierte Vermittlung breiter Grundlagen im Studium ist auch deshalb so wichtig, weil diese später im Berufsleben nur schwer nachzuholen ist.

Zum modernen Grundlagenwissen gehören nach Meinung des VDI auch ökologische Kenntnisse im Anwendungszusammenhang der jeweiligen Technologie und Kenntnisse über Inhalte und Verfahren der Technikbewertung.

Auf diesen Grundlagen aufbauend sollte die Vermittlung von anwendungsbezogenem technischen Wissen in Form einer exemplarischen Vertiefung in wenigen technischen Arbeitsgebieten folgen. Die Wissensvermittlung soll auch die relevanten fachübergreifenden und nichttechnischen Aspekte durch Einbeziehung in fachbezogene Lehrveranstaltungen berücksichtigen.“

Diese 1995 veröffentlichten Empfehlungen sind in einem Memorandum des VDI „Zum Wandel des Ingenieurberufsbildes“ bekräftigt worden (VDI 1997). Dennoch ist mir keine Hochschule bekannt, die die VDI-Empfehlungen auch nur annähernd umgesetzt hat. Denn die Empfehlung schlägt unmißverständlich vor, den Umfang der Vertiefung und Anwendung zugunsten der Grundlagenausbildung und der fachübergreifenden Inhalte zu reduzieren. Damit ist der Widerstand der anwendungsorientierten Fachkollegen vorprogrammiert. Die Empfehlung drückt sich auch nicht um eine Quantifizierung ihrer Vorschläge herum; so heißt es (VDI 1995, VDI 1997):

„Der VDI empfiehlt, die viergliedrige Inhaltsstruktur der Ingenieurausbildung mit 30 Prozent mathematisch-naturwissenschaftlichen Grundlagen, 30 Prozent technischen Grundlagen, 20 Prozent exemplarischer Vertiefung in einem Anwendungsgebiet und 20 Prozent nichttechnischen Inhalten zu gewährleisten, die Einzeldisziplinen untereinander zu verzahnen und kontinuierlich an die technische und gesellschaftliche Entwicklung anzupassen.“

## Wie kann TA gelehrt werden?

An dieser Stelle folgt exemplarisch die Schilderung eines erfolgreichen bottom-up Ansatzes an der TU Clausthal, getragen zunächst allein von dem Engagement des Autors und alsbald beflügelt durch das enorme Interesse der Studenten und jüngeren Mitarbeiter. Am Anfang stand die Vorlesung „Herausforderung Zukunft“, erstmalig gehalten im Wintersemester 1991/92 im Rahmen des Studiums generale und wie folgt gegliedert:

1. Menschheitsgeschichte und Umwelt,
2. Wachstum und Rückkopplung,
3. Bevölkerungsdynamik,
4. Energie,
5. Treibhauseffekt und Ozonloch,
6. Unsere Umwelt,
7. Endliche Ressourcen,
8. Die Dritte Welt,
9. Technik und Ethik,
10. Modelle und Prognosen,
11. Wer kann was tun?

Die drängende Nachfrage der studentischen wie auch der externen Hörer nach Vorlesungsunterlagen führte zu dem gleichnamigen Buch (Jischa 1993a). Aus dieser *Sensibilisierungsvorlesung* sind bislang zwei weitere Vorlesungen entstanden. Ausgehend von dem Kapitel „Technik und Ethik“, in dem auf die VDI-Richtlinie Technikbewertung und auf die Geschichte der TA-Entwicklung eingegangen wird, haben B. Ludwig und der Autor gemeinsam eine *Operationalisierungsvorlesung* mit dem Titel „Technikbewertung“ konzipiert und diese erstmalig im Wintersemester 1994/95 ebenfalls im Rahmen des Studiums generale angeboten.

Die Gliederung der Vorlesung „Technikbewertung“ sei kurz vorgestellt (Jischa/Ludwig 1996). In einer ausführlichen Einleitung werden thematisiert: Warum brauchen wir Technikbewertung als Zusammenfassung der „Herausforderung Zukunft“ (Jischa 1993a). Danach wird die Frage nach der Verantwortung für Technik zusammen mit dem Leitbild Nachhaltigkeit behandelt. Alsdann werden die historische Entwicklung und der Diskussionsstand von TA, TA-durchführende Institutionen sowie die VDI-Richtlinie 3780 (VDI 1991) besprochen. Es folgt ein Abriss der Systemtheorie, weil aus Ingenieurssicht der Zusammenhang von Technikbewertung und Systemanalyse naheliegender ist. Darin schließt sich die Besprechung publizierter TA-Studien an, die nach zwei Kriterien ausgewählt wurden: Relevanz des Themas und saubere Herausarbeitung der gewählten Methode(n).

Die Beschäftigung mit dem Kapitel „Modelle und Prognosen“ führte drittens zu der Konzipierung einer *Anschlußvorlesung*. Sie trägt den Titel „Dynamische Systeme in Natur, Technik und Gesellschaft“, erstmalig angeboten 1995, und wird durch numerische Simulationsexperimente attraktiv ergänzt (Jischa 1996).

Die hervorragende Akzeptanz der drei Vorlesungen hat zwischenzeitlich dazu geführt, daß diese als Pflichtfächer an der TU Clausthal eingeführt ►



wurden: „Herausforderung Zukunft“ als „Grundlagen des Umweltschutzes“ im Grundstudium des neuen Studienganges Umweltschutztechnik; „Technikbewertung“ im Hauptstudium der Studiengänge/-richtungen Umweltschutztechnik, Energiesystemtechnik, Rohstoff- und Geotechnik sowie Wirtschaftsingenieurwesen; „Dynamische Systeme in Natur, Technik und Gesellschaft“ im Hauptstudium des Studienganges „Energiesystemtechnik“. Die aufgeführten Vorlesungen werden von einer wachsenden Zahl von Studenten anderer Studiengänge als Wahlfächer belegt.

Die Aktivitäten in der Lehre sind von Beginn an durch Forschungsaktivitäten in Form von Promotions-, Diplom- und Studienarbeiten sowie Seminarvorträgen ergänzt worden. Und da Wissenschaft an Universitäten Einheit von Forschung und Lehre bedeutet, möchte ich im folgenden auf Forschungsthemen eingehen.

### Welches sind TA-relevante Forschungsthemen?

Ausgangspunkt der folgenden Überlegungen ist die Aussage, daß das allseits akzeptierte, aber diffus formulierte Leitbild Sustainable Development, kurz Nachhaltigkeit, mit dem Konzept *Technikbewertung* operationalisiert werden kann (Jischa 1997a, Ludwig 1997). Daraus ergeben sich geradezu zwangsläufig zahlreiche disziplinäre wie auch interdisziplinäre Forschungsthemen. Dies soll im folgenden dargelegt werden.

Das Leitbild Nachhaltigkeit ruht auf drei Säulen, der ökologischen, der ökonomischen und der sozialen. Somit bedeutet Nachhaltigkeit den Erhalt der lebenswichtigen Funktionen in natürlichen, in wirtschaftlichen und in sozialen Systemen. Es geht darum, Naturkapital, Geldkapital sowie Sozial- und Humankapital zu erhalten. Erhaltung verlangt Erfassung, Meßbarkeit und Bewertung.

Problembewußtsein, Medieninteresse, öffentliche und politische Wahrnehmung und damit auch Förderung sind den drei Nachhaltigkeitssäulen bislang ungleich zuteil geworden. Im Mittelpunkt der Aufmerksamkeit stand bisher eindeutig die ökologische Säule. Dies hat zu einer starken Ausweitung klassischer Umweltforschung wie etwa der Klimaforschung (z. B. Treibhauseffekt, Ozonloch) und der Waldschadensforschung (z. B. Versauerung von Böden, Eutrophierung der Gewässer), kurz der Ökosystemforschung geführt. Entsprechend zahlreich und systematisch aufbereitet ist hierzu die verfügbare Literatur.

Umweltforschung beinhaltet die Formulierung erstens von Umweltschutzziele (Erhalt der Struktur und Funktionen der natürlichen Systeme), zweitens von Umweltqualitätszielen (Sollwerte, Grenzwerte) und drittens von Umwelthandlungszielen (z. B. produktionsintegrierter Umweltschutz). Die Bewertung des Naturkapitals erfolgt beispielsweise durch Regeln für ein Stoffstrom-Management (Enquete-Kommission 1998, S. 46):

- (1) Die Abbaurate erneuerbarer Ressourcen soll deren Regenerationsraten nicht überschreiten. Dies entspricht der Forderung nach Aufrecht-

erhaltung der ökologischen Leistungsfähigkeit, d. h. (mindestens) nach Erhaltung des von den Funktionen her definierten ökologischen Realkapitals.

- (2) Nicht-erneuerbare Ressourcen sollen nur in dem Umfang genutzt werden, in dem ein physisch und funktionell gleichwertiger Ersatz in Form erneuerbarer Ressourcen oder höherer Produktivität der erneuerbaren sowie der nicht-erneuerbaren Ressourcen geschaffen wird.
- (3) Stoffeinträge in die Umwelt sollen sich an der Belastbarkeit der Umweltmedien orientieren, wobei alle Funktionen zu berücksichtigen sind, nicht zuletzt auch die „stille“ und empfindlichere Regelungsfunktion.
- (4) Das Zeitmaß anthropogener Einträge bzw. Eingriffe in die Umwelt muß im ausgewogenen Verhältnis zum Zeitmaß der für das Reaktionsvermögen der Umwelt relevanten natürlichen Prozesse stehen.
- (5) Gefahren und unvermeidbare Risiken für die menschliche Gesundheit durch anthropogene Einwirkungen sind zu vermeiden.

Darüber hinaus thematisiert die Enquete-Kommission den Übergang von der Umweltforschung hin zur Nachhaltigkeitsforschung, indem ausgehend von dem Leitbild Nachhaltigkeit der Bewertungsprozeß als Entscheidungskette in folgende Abschnitte gegliedert wird (Enquete-Kommission 1994, S. 434 f.):

1. Aufstellung grundlegender Regeln einer nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung
2. Aufstellung von Schutz- und Gestaltungszielen für die Bereiche Ökologie, Ökonomie und Soziales, orientiert am Leitbild Nachhaltigkeit
3. Entwicklung von Bewertungskriterien
4. Ableitung von Indikatoren und Parametern
5. Bewertung bezüglich einzelner Schutz- und Gestaltungsziele
6. Bewertung durch Gewichtung und Prioritätensetzung unter Einbeziehung von Schaden und Nutzen

Diese Gliederung weist starke Ähnlichkeit mit der Vorgehensweise in der Technikbewertung auf.

In Fortführung der Argumentation der Enquete-Kommission schreibt der WBGU in seinem schon eingangs zitierten Jahresgutachten 1996 (WBGU 1996): „Der Fokus des vorliegenden Jahresgutachtens geht über die „klassische“ naturwissenschaftliche Umweltforschung hinaus und bezieht so die ökologischen, ökonomischen und soziokulturellen Aspekte des Globalen Wandels mit ein.“

Folgende Kriterien für die Auswahl von Forschungsthemen zum Globalen Wandel werden genannt (WBGU 1996): Globale Relevanz, Dringlichkeit, Wissensdefizit, Verantwortung, Betroffenheit, Forschungs- und Lösungskompetenz.

Nunmehr komme ich auf die zu Beginn dieses Abschnitts formulierte These zurück: TA als Operationalisierung des Leitbildes Nachhaltigkeit bedeutet, die Stabilität komplexer dynamischer (ökologischer, ökonomischer, sozialer) Systeme zu untersuchen mit dem Ziel, Stabilitätsrisiken zu verringern. Daraus resultiert Forschungsbedarf in den Feldern:

1. Zustandsbeschreibung durch Nachhaltigkeitsindikatoren
  2. Umgang mit unsicherem, unscharfem sowie Nicht-Wissen
  3. (Weiter-) Entwicklung von Methoden und Instrumenten
  4. Orientierung an Werten und Umgang mit Wertkonflikten
  5. Simulation dynamischer Systeme
- Der erste und der fünfte Punkt sind aus Ingenieursicht von zentraler Bedeutung. Sie rahmen die Problemkreise zwei bis vier ein, die aus Sicht anderer Disziplinen zweifellos ihren eigenen Stellenwert besitzen. Hierauf bin ich in der Langfassung ausführlich eingegangen.

### TA als Chance

Mir ist neben der TA keine Disziplin bekannt, in der Vertreter der „Zwei Kulturen“ (Snow 1967), der Natur- und Ingenieurwissenschaften einerseits sowie der Geistes- und Gesellschaftswissenschaften andererseits, auf eine so selbstverständliche Weise zusammenkommen. Das Konzept TA, ob nun Technikfolgenabschätzung, Technikbewertung, Technikgestaltung, Systemanalyse, Innovationsforschung, Potentialanalyse oder gar Management komplexer Systeme genannt, führt die (meisten) wissenschaftlichen Disziplinen über die Frage nach der Operationalisierung des Leitbildes Nachhaltigkeit zusammen. Darin liegt eine Chance, die „Zwei Kulturen“ über das entscheidende Problem der Menschheit, wie wir morgen leben werden und leben wollen, zusammenzuführen.

Hinzu kommt, daß die ständige Ausdifferenzierung der wissenschaftlichen Disziplinen eine Gegenbewegung erzeugen wird. Neben der unverzichtbaren und unbestreitbaren disziplinären Kompetenz wird die interdisziplinäre Forschung an Bedeutung zunehmen. Wir werden verstärkt Generalisten benötigen, etwa nach dem Motto eines Aphorismus von Lichtenberg: „Wer nur die Chemie versteht, versteht auch die nicht ganz.“

Die TA-Disziplin hat die Chance, eine Antwort auf die zentrale Frage zu finden, die ich zum Abschluß in zwei Versionen stellen möchte. Die erste Formulierung stammt von einem Physiker und Philosophen mit Erfahrungen in Wissenschaft und Politik (Meyer-Abich 1988): „Weiß die Wissenschaft, was wir für die Zukunft der Industriegesellschaft wissen müssen?“

Die zweite Formulierung stammt von einem Ingenieur mit Erfahrungen in Wissenschaft und Wirtschaft (Neiryneck 1995): „Die Technik ist die Antwort, aber wie lautet eigentlich die Frage?“

Prof. Dr.-Ing. Michael F. Jischa  
 Institut für Technische Mechanik  
 Graupenstraße 3  
 38678 Clausthal-Zellerfeld  
 Tel.: 05323/72-2083  
 Fax: 05323/72-2203  
 E-Mail: Michael.Jischa@itm.tu-clausthal.de  
 http://www.itm.tu-clausthal.de