

Technikfolgenabschätzung lehren – Seit wann, warum und wie?

Michael F. Jischa

Vorbemerkungen: Die Problemlösungsorientierung der Ingenieure

Dieser Text ist von persönlichen Erfahrungen geprägt. Daher wird zu Beginn das Umfeld des Autors geschildert, um die dargestellten Empfehlungen einordnen zu können. Als Ingenieur arbeite ich primär mit Ingenieuren zusammen, mit Berührungen zu den Naturwissenschaften, der Mathematik, der Informatik sowie den Wirtschaftswissenschaften. Ingenieure arbeiten problemorientiert, genauer: problemlösungsorientiert. Das unterscheidet sie von der Kultur der Geistes- und Gesellschaftswissenschaften, auch von jener der Naturwissenschaften, die primär disziplinentorientiert arbeiten. Es macht keinen Sinn, einen Ingenieur nach seinem Wissenschaftsverständnis zu fragen. Für ihn ist das Problemverständnis entscheidend.

Ich schicke dies voraus, weil die Geschichte der Technikfolgenabschätzung und Technikbewertung (verkürzt werde ich im Folgenden von TA sprechen) durch Problemorientierung gekennzeichnet ist. Der Begriff *Technology Assessment* (TA) tauchte erstmals 1966 in einem Bericht an den Senat der USA im Zusammenhang mit positiven und negativen Folgen technischer Entwicklungen auf. Als Folge davon wurde 1972 mit dem *Office of Technology Assessment* (OTA) ein Beratungsorgan für den Kongress, also die Legislative, geschaffen. Das hat ähnliche Bewegungen in den westlichen Industrieländern ausgelöst. So ist als deutsches Pendant zum OTA 1989 das Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) eingerichtet worden. Daneben haben im Verein Deutscher Ingenieure (VDI) in den 1980er Jahren Überlegungen begonnen, eine Richtlinie zum Thema Technikbewertung zu erstellen. Dabei war dem VDI von Anfang an bewusst, dass diese nicht von Ingenieuren und Naturwissenschaftlern allein erstellt werden sollte, sondern gemeinsam mit Geistes- und Gesellschaftswissenschaftlern. Auch hier wird die problemorientierte Sichtweise der Ingenieure deutlich. Der Wert der VDI-Richtlinie „Technikbewertung – Begriffe und Grundlagen“ (VDI 2000), die 1991 erstmalig veröffentlicht wurde, kann gar nicht hoch genug eingeschätzt werden, wenn es um eine Verankerung von TA in den Ingenieurwissenschaften geht. Das betrifft nicht nur die Frage,

warum TA in Lehre (und Forschung) notwendig ist, sondern auch *wie* TA gelehrt werden kann.

Weitere Belege für die Problemorientierung der Ingenieure sind zwei relativ neue Vorlesungen: Qualitätsmanagement sowie Informatik. Eine statistische Qualitätskontrolle hat es in der Fertigungstechnik seit eh und je gegeben. Die Einführung der just-in-time-Fertigung hat es erforderlich gemacht, nicht mehr die Produkte zu prüfen, sondern die Produzenten. Daraus ist das Gebäude des Total Quality Management entstanden mit entsprechenden Werkzeugen und Zertifizierungen. Veränderte Abläufe in der Fertigung waren der Treiber hierfür. In der Produktentwicklung ist seither das Qualitäts-Managementsystem nach ISO 9000 ff. prägend. Diese Vorgehensweise ist wenig später auf das Umweltmanagement (ISO 14.000 ff.) übertragen worden. In jüngerer Zeit ist das Risikomanagement hinzugekommen. Zwingende Voraussetzung aller Managementsysteme ist, die entsprechenden Eigenschaften formal zu quantifizieren. Das war einer der Gründe dafür, eine weitere neue Vorlesung, die Informatik, einzuführen. Diese beschränkte sich zu Beginn auf das Erlernen einer Programmiersprache (etwa ALGOL), rasch sind weitere Themen hinzugekommen. Heute ist die Verzahnung von Hard- und Software mit Analytik und Sensorik sowie Simulations- und Auswertungsmethoden in allen technischen Studiengängen unverzichtbar. Ebenso unverzichtbar sind Vorlesungen über Managementsysteme, gestützt auf die sich rasant entwickelnde Informatik.

Es wäre sinnvoll, die verschiedenen Managementsysteme in einem integralen Nachhaltigkeits-Managementsystem zu vereinen. Denn die Frage „wie sicher ist sicher“ hat viel mit der Frage zu tun „wie nachhaltig ist nachhaltig“. Damit sind wir bei der Frage angelangt, wie das Leitbild Nachhaltigkeit in wirtschaftliches und politisches Handeln umgesetzt werden kann. Aus meiner Sicht ist TA hierfür ein machtvolleres Werkzeug. Ich bin der Auffassung, dass Universitäten ihre Attraktivität für Studierende und Unternehmen gleichermaßen deutlich erhöhen können, wenn sie den Themen Nachhaltigkeitsmanagement und Technikbewertung einen gebührenden Raum in Lehre und Forschung geben.

„Seit wann?“ – Von der Bewusstseinswende der 1960er Jahre zur Nachhaltigkeit

Nach den Vorbemerkungen komme ich zu der Frage, *seit wann* und *warum* wir über TA und Nachhaltigkeit nachdenken. Bis vor wenigen Jahrzehnten war der Fortschrittsglaube überall in der Welt nahezu 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 von 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 Schwellen- und Entwicklungsländer und die Länder des ehemals kommunistischen Teils der Welt huldigten weiterhin dem Fortschrittsglauben, während dieser in der industrialisierten Welt zunehmend ins Wanken geriet. Ironischerweise bedurfte es erst des Wohlstands, damit die im Wohlstand lebenden Gesellschaften die Technik und deren Segnungen zunehmend skeptisch beurteilten. 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. Zuvor hatte die amerikanische Biologin Rachel Carson mit „Der stumme Frühling“ (Carson 1962) ein aufrüttelndes Signal gesetzt.

In den Wohlstandsgesellschaften der westlichen Welt wurde in den sechziger Jahren eine Bewusstseinswende sichtbar. Mit dem Kürzel „1968er Bewegung“ bezeichnen wir in unserem Land eine Reihe von ineinander greifenden gesellschaftlichen Prozessen, die in hohem Maße von studentischen Aktivitäten getragen wurden. Dazu gehörten Friedensbewegungen, Frauenbewegungen, massive Proteste gegen die Kernenergie, gegen die Ordinarienuiversität („unter den Talaren Muff von 1000 Jahren“) und nicht zuletzt gegen die Umweltzerstörungen. 1968 wurde der Club of Rome (CoR) gegründet. Die Initiative hierzu ging von dem Fiat-Manager Aurelio Peccei und dem OECD-Wissenschaftsmanager Alexander King aus. Sie setzten sich zum Ziel, gleich gesinnte Persönlichkeiten aus Wirtschaft und Politik zu gewinnen, um gemeinsam über die für die Zukunft der Menschheit entscheidenden Herausforderungen zu diskutieren. Hierfür prägten sie die Begriffe „*World Problematics*“ und „*World Resolutiques*“. Ihre erste Analyse war außerordentlich weitsichtig, sie betraf drei Punkte: (1) Die Bedeutung eines holistischen Ansatzes zum Verständnis der miteinander vernetzten Weltprobleme, (2) die Notwendigkeit von langfristig angelegten Problemanalysen und (3) die Aufforderung „global denken und lokal handeln“. Der CoR stellte 1972 seine erste Studie „Die Grenzen des Wachstums“ (Meadows u. a. 1973, Originalversion 1972) vor. Die Mittel hierzu hatte die Volkswagen-Stiftung zur Verfügung gestellt. Das war Eduard Pestel, seinerzeit Professor für Mechanik an der Universität Hannover und später Wissenschaftsminister in Niedersachsen, zu verdanken, der sich kurz nach der Gründung dem CoR anschloss und der weitere Berichte sowohl initiierte als auch bearbeitete.

Knapp zehn Jahre nach den „Grenzen des Wachstums“ wurde der von James Carter, dem damaligen Präsidenten der USA, initiierte Bericht „Glo-

bal 2000“ vorgestellt (Global 2000, 1980). Im Jahr 1987 erschien 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 hat entscheidend dazu beigetragen, das Leitbild *Sustainable Development* einer größeren Öffentlichkeit nahegebracht zu haben. Offenbar befinden wir uns „Am Ende des Bacon’schen Zeitalters“ (Böhme 1993), wenn wir die neuzeitliche Wissenschaft als die Epoche Bacons bezeichnen. Denn in unserem Verhältnis zur Wissenschaft ist eine Selbstverständlichkeit abhandengekommen, nämlich die Grundüberzeugung, dass wissenschaftlicher und technischer Fortschritt zugleich und automatisch humaner und sozialer Fortschritt bedeuten. Die wissenschaftlich-technischen Errungenschaften bewirken neben dem angestrebten Nutzen immer auch Schäden, die als Folge- und Nebenwirkungen die ursprünglichen Absichten konterkarieren.

Der entscheidende Durchbruch zum heutigen Diskussionsstand erfolgte durch die Rio-Konferenz für Umwelt und Entwicklung im Jahre 1992. Die Vereinten Nationen hatten geplant, zwanzig Jahre nach der ersten Umweltkonferenz 1972 in Stockholm eine zweite Umweltkonferenz in Rio de Janeiro durchzuführen. Diese war schon in der Vorbereitungsphase von nahezu unüberbrückbaren Gegensätzen gekennzeichnet. Aus Sicht der Industrieländer hatte der Umweltschutz oberste Priorität. Sie sahen die Bevölkerungsexplosion in der Dritten Welt als Hauptursache für die Umweltkrise an. Die Entwicklungsländer hielten dagegen die Verschwendung und den ungebremsten Konsum in der Ersten Welt für die Hauptursache der Umweltkrise und forderten 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. Diese Mammutkonferenz hat die Situation 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 an Primärenergie und Rohstoffen der Industrieländer 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 deren Abschlussdokument „Agenda 21“ zusammengestellt (BMU 1992). Das hat dazu geführt, dass die Begriffe *Nachhaltigkeit* und *Agenda 21* oftmals synonym verwendet werden.

Alle politischen Parteien und alle gesellschaftlichen Gruppen in unserem Land bekennen sich zu dem Leitbild Nachhaltigkeit. Alle Definitionen von Nachhaltigkeit beziehen sich auf den grundlegenden Brundtland-Bericht. Danach ist eine Entwicklung nur dann nachhaltig, wenn sie „die Bedürfnisse der heutigen Generationen befriedigt, ohne zu riskieren, dass zukünftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht mehr befriedigen können“. Was darunter einvernehmlich verstanden wird, kann einem frühen 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 Nachhaltigkeit ist offensichtlich groß. Mindestens ebenso groß scheint jedoch die Unschärfe des 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. Als Fazit sei festgehalten: Das Leitbild Nachhaltigkeit ist allseits akzeptiert, aber diffus formuliert. Die fällige Umsetzung leidet sowohl an ständigen Zielkonflikten als auch an fehlender Operationalisierbarkeit. Es kann heute nicht mehr darum gehen, wie Nachhaltigkeit definiert wird. Entscheidend ist die Frage, wie Nachhaltigkeit in wirtschaftliches und politisches Handeln umgesetzt werden kann.

Umweltpolitik seit der Bewusstseinswende

Die Bewusstseinswende der 1960er Jahre hat in den entwickelten Industrieländern zu einer zunehmenden Sensibilisierung der Gesellschaft in Umweltfragen geführt. Als Folge davon entwickelten die Parteien nach und nach ein neues Politikfeld, die Umweltpolitik. Im nordrhein-westfälischen Wahlkampf 1962 setzte die SPD das Motto „der Himmel über der Ruhr soll wieder blau werden“ ein. Die „Grünen“ formierten sich in den siebziger Jahren, sie haben sich zwischenzeitlich in unserem Parteiengefüge mit dem Schwerpunkt einer ökologisch orientierten Politik einen festen Platz geschaffen. Auch die etablierten Parteien CDU/CSU, SPD und FDP haben in der Folgezeit den Umweltschutz in ihre poli-

tischen Programme aufgenommen, und es gibt kein Bundesland ohne ein Umweltministerium. Das erste Ministerium diese Art wurde 1970 von der bayerischen Staatsregierung gegründet. 1986 wurde unmittelbar nach der Tschernobylkatastrophe das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) eingerichtet. Es lassen sich – bei aller Problematik solcher Periodisierungen – vier Phasen in der Geschichte der *Umweltpolitik* herausfiltern, die ich als technokratische Phase, konzeptionelle Phase, Entkopplungsphase und Globalisierungsphase kennzeichnen möchte.

Es begann in den sechziger Jahren mit der *technokratischen Phase*. Von Umweltpolitik konnte zu jener Zeit noch nicht gesprochen werden. Am Anfang stand die Strategie der „hohen Schornsteine“, des Verdünnens und Verteilens, dem Leitsatz folgend „*dilution is the solution of pollution*“. Der technische Umweltschutz „*end-of-the-pipe*“ entwickelte sich, es ging um die Reinhaltung der Luft, der Gewässer und des Bodens. Es waren Chemieingenieure und Verfahrenstechniker, die Verfahren zur Luftreinhaltung entwickelten. Dabei ging es zunächst darum, die Rußpartikeln aus der Abluft der Kohlekraftwerke herauszufiltern. Windsichter, Siebe, Staubabscheider und Zyklone sowie die Partikelmesstechnik wurden (weiter-)entwickelt und industriell eingesetzt. Der Himmel über der Ruhr wurde tatsächlich wieder blau. Im nächsten Schritt ging es um die Reduktion der nicht sichtbaren gasförmigen Schadstoffe in den Rauchgasen durch nachgeschaltete Entstickungs- und Entschwefelungsanlagen. In dieser Phase verließen sich die Politiker voll auf das Expertenwissen aus Wissenschaft und Wirtschaft. Die Medien spielten (mit Ausnahme von Fachzeitschriften) noch keine Rolle, die Öffentlichkeit war noch nicht sensibilisiert. Die Harmonie zwischen Politik, Verwaltung, Wirtschaft und Wissenschaft war ungestört.

Diese Harmonie begann in den siebziger Jahren zu bröckeln. Es folgte eine *konzeptionelle Phase*, geprägt von zwei Entwicklungslinien. Auf der einen Seite ging es um die Etablierung einer umweltpolitischen Konzeption auf wissenschaftlicher Grundlage. Stichworte hierzu sind das Vorsorge-, das Verursacher- und das Kooperationsprinzip. Die Zusammenarbeit zwischen den klassischen Akteuren Politik und Verwaltung, Wirtschaft und Wissenschaft war noch gut. Auf der anderen Seite bekämpften die „Grünen“ (zunächst als außerparlamentarische Opposition) das „rationale“ Konzept der Umweltpolitik und forderten den ökologischen Umbau der Industriegesellschaft. Die Medien begannen, Umweltthemen wie Waldsterben, Ozonloch und Treibhauseffekt aufzugreifen, die Öffentlichkeit zeigte sich zunehmend sensibilisiert.

In den achtziger Jahren begann die *Phase der Entkopplung*, die Umweltpolitik verselbstständigte sich. Alle Parteien erarbeiteten Umweltprogramme, man kann von einer parteipolitischen Umweltoffensive sprechen. Die Diskussion in den Medien und in der Öffentlichkeit wurde durch großtechnische Katastrophen

bestimmt: Seveso, Sandoz, Bophal und Tschernobyl seien beispielhaft genannt. Großtechnologien wie die Kern-, Chemie- und Gentechnik gerieten in die Kritik. Die Harmonie zwischen Politik, Wirtschaft und Wissenschaft bröckelte zusehends.

Die neunziger Jahre können als *Phase der Globalisierung* bezeichnet werden. Insbesondere nach der Rio-Konferenz 1992 etablierte sich das Leitbild Nachhaltigkeit in Politik, Wirtschaft und Öffentlichkeit, basierend auf dem Dreisäulenmodell Ökologie, Ökonomie und Gesellschaft. Seit jener Zeit geht es nicht mehr nur um Umweltpolitik und Techniken des Umweltschutzes. Es geht um mehrdimensionale Zukunftsfähigkeit. Umweltrelevante Forschungsgebiete wurden in den Ingenieurwissenschaften und in anderen Disziplinen entwickelt. Dazu gehören Methoden des Stoffstrom- und des Energiestrom-Managements, Ökobilanzen, Umweltverträglichkeitsprüfungen und insbesondere Verfahren der Technikfolgenabschätzung.

Es ist heute unstrittig, dass es neben rein fachspezifischen Fragestellungen zunehmend auf die Bearbeitung von mehrdimensionalen Problemen ankommt, die nur interdisziplinär bearbeitet werden können. Dies stellte akademisch etablierte Strukturen vor Herausforderungen, auf die sie bislang in unterschiedlicher Weise (oder gar nicht) reagiert haben. Anders bei außeruniversitären Einrichtungen wie dem ITAS (früher AFAS) und dem TAB, die zur Bearbeitung von TA-Studien notwendigerweise einen interdisziplinären Ansatz mit Experten aus verschiedenen Disziplinen gepflegt und entwickelt haben. Hier war der Problemdruck der entscheidende Treiber.

„Warum?“ – Nachhaltigkeit als Begründung, TA zu lehren

Es geht in entscheidender Weise darum, wie das Leitbild Nachhaltigkeit in wirtschaftliches und politisches Handeln umgesetzt werden kann. In Anlehnung an etablierte Managementsysteme wie Qualitäts-, Umwelt- und Risiko-Management, die jeweils Aspekte des Leitbildes Nachhaltigkeit behandeln, brauchen wir ein integrales System Nachhaltigkeits-Management, das alle Elemente des Leitbildes Nachhaltigkeit einschließt. Hierfür bietet sich die Disziplin in TA an. TA *ist* Nachhaltigkeits-Management aus Sicht der Ingenieure.

Aus dem Grund nenne ich hier ein „*Sustainability-Project*“, das der WCEC (World Chemical Engineering Council, siehe www.chemengworld.org) soeben gestartet hat, um die Universitäten, die Verfahrenstechniker und Chemieingenieure ausbilden, nach ihren Konzepten in Lehre und Forschung bezüglich des Leitbildes Nachhaltigkeit zu befragen. Dieses Projekt ist vom Autor in einer WCEC-Arbeitsgruppe konzipiert worden. Eine entsprechende Anfrage ist zunächst europaweit erfolgt, so in Deutschland über die DECHEMA. In einer Ende

2010 verschickten Anfrage an den Universitäten heißt es unter der Überschrift „Sustainability Project of the World Chemical Engineering Council WCEC“:

“The pursuit of sustainable development is a major challenge for engineers. Chemical engineering is the profession most concerned with managing material and energy flows and, as such, is well equipped to address the sustainable use of resources. This can be achieved by identifying better ways of deploying technologies as well as economic and regulatory measures and by anticipating ways in which investment in process technology can help achieve sustainability. The WCEC wishes to promote a better understanding of sustainability for chemical engineers. Therefore the WCEC will ask institutions worldwide teaching chemical engineering the following questions: (1) How is Sustainable Development embedded into your Chemical Engineering Degree Program? (2) What are the curricula contents of the material referred to in question 1? Please provide examples. (3) How are the curricula related to Sustainable Development supported by research? (4) If your answers are no, do you have plans to implement Sustainable Development into the curricula?”

„Wie?“ – Nachhaltigkeit und TA lehren: Das Beispiel der TU Clausthal

Nun zu der Frage, *wie TA gelehrt werden kann*. Hier folgt exemplarisch die Schilderung eines bottom-up-Ansatzes des Autors an der TU Clausthal, beflügelt durch das Interesse der Studenten und Mitarbeiter. Dargestellt werden neben der Lehre der Bezug zur Forschung und das Engagement im „Forum Clausthal“. Am Anfang stand die Vorlesung „Herausforderung Zukunft“ im Rahmen des Studium Generale, erstmalig gehalten im Wintersemester 1991/92, also unmittelbar vor der Rio-Konferenz, die im Juni 1992 stattfand. Aus dieser *Sensibilisierungsvorlesung* ist ein gleichnamiges Buch entstanden (Jischa 1993, Neuauflage 2005). Zwei weitere Vorlesungen folgten ebenfalls im Studium Generale. Ausgehend von der Behandlung der VDI-Richtlinie „Technikbewertung“ und der Geschichte der TA haben der Autor und Björn Ludwig gemeinsam eine *Operationalisierungsvorlesung* mit dem Titel „Technikbewertung“ konzipiert und diese erstmalig im Wintersemester 1994/95 angeboten. Darin wurden nach einer geschichtlichen Einführung bekannte TA-Studien (erstellt von TAB, ISI, Batelle, Prognos u. a.) besprochen. Diese wurden nach zwei Kriterien ausgewählt: saubere Herausarbeitung der gewählten Methode und Relevanz des Themas. Die Vorlesung wurde durch eine zusammenfassende Behandlung von Methoden sowie von Instrumenten (Ökobilanz, Produktlinienanalyse, Umweltverträglichkeitsprüfung, Umweltaudit, Ökocontrolling, Umweltinformations- und Umweltmanagementsysteme) abgeschlossen. Die Beschäftigung mit dem Thema „Modelle und Prognosen“ in der Vorlesung „Herausforderung Zukunft“ führte drittens zur

Konzipierung einer *Anschlussvorlesung* mit dem Titel „Dynamische Systeme in Natur, Technik und Gesellschaft“. Diese wurde zusammen mit numerischen Simulationsexperimenten erstmalig 1995 angeboten. Die drei Vorlesungen sind in der Folgezeit in verschiedenen Studiengängen verpflichtend verankert worden und werden seitdem kontinuierlich gehalten, seit meiner Emeritierung 2002 (teilweise schon vorher) von ehemaligen Mitarbeitern. Das sind in der Reihenfolge der oben genannten Vorlesungen Christian Berg (SAP), wobei die *Sensibilisierungsvorlesung* nunmehr den Titel „Nachhaltigkeit und Globaler Wandel“ trägt, sowie Ildiko Tulbure (Univ. Alba Julia, Rumänien) und Björn Ludwig (Zukunftszentrum Tirol).

Zur Unterstützung der Lehre habe ich 1991 gemeinsam mit dem damaligen Studentenfarrer Klaus D. Wachlin von der Evangelischen Studentengemeinde Clausthal als flankierende Maßnahme eine interdisziplinäre Arbeitsgruppe „Forum Clausthal“ gegründet. In deren Leitlinien hatten wir als Aufgabe formuliert:

„Durch die kaum zu überschätzende Bedeutung von Technik in der Gesellschaft wächst auch die Bedeutung der ingenieur- und naturwissenschaftlichen Fachkenntnis für alle technikbezogenen Entscheidungen. Stärker als bisher ist dieser Beitrag zur verantwortlichen Technikgestaltung herauszustellen, geltend zu machen und wahrzunehmen. Nachhaltige Gestaltung und verantwortbare Innovation von Technik bedarf zugleich interdisziplinärer Zusammenarbeit. Oft haben die kulturellen, ökonomischen, politischen und ökologischen (unerwünschten) Nebenwirkungen von Technik ebenso große Bedeutung wie die (gewünschten) Hauptwirkungen. Ein verstärktes Zusammenwirken von Ingenieur- und Naturwissenschaften mit den Geistes-, Sozial- und Wirtschaftswissenschaften kann helfen, den komplexen vernetzten und neuartigen Problemstellungen deutlicher gerecht zu werden.“

In diesem Sinne haben wir Seminarveranstaltungen zu Themen wie Nachhaltigkeit, Technikbewertung, Energiepolitik, Konfliktkommunikation, Umweltbildung sowie „Die zwei Kulturen“ angeboten (Jischa 2010 und www.forum-clausthal.tu-clausthal.de).

Die Einführung einer neuen Vorlesung wie „Technikbewertung“ kann nur dann gelingen, wenn parallel dazu Forschungsthemen definiert werden und hierfür Drittmittel und Adressaten gefunden werden können. Also lautet die Frage: Welches sind TA-relevante Forschungsthemen aus Sicht der Ingenieure? Hier habe ich die einfache These formuliert: *TA ist Nachhaltigkeits-Management*, zumindest aus Sicht der Ingenieure. TA als Operationalisierung des Leitbildes Nachhaltigkeit bedeutet insbesondere, komplexe dynamische Systeme zu untersuchen mit dem Ziel, Stabilitätsrisiken zu verringern. Daraus resultiert Forschungsbedarf in fünf Feldern:

1. Zustandsbeschreibung durch Nachhaltigkeitsindikatoren
2. Umgang mit unsicherem, unscharfem sowie Nichtwissen
3. (Weiter-)Entwicklung von Methoden und Instrumenten
4. Orientierung an Werten und Umgang mit Wertkonflikten
5. Modellierung und Simulation dynamischer Systeme

Sämtliche seit 1995 unter der Begleitung des Autors abgeschlossenen und laufenden Dissertationen (teilweise von Externen) und Habilitationen lassen sich diesen Themen zuordnen (vgl. www.itm.tu-clausthal.de).

Für den Kontext dieses Sammelbandes sollen einige Bemerkungen zum dritten Punkt der Liste gemacht werden, der Weiterentwicklung von Methoden und Instrumenten, wobei ich zunächst auf deren Abgrenzung eingehe (Jischa 1997). In der VDI-Richtlinie „Technikbewertung“ (VDI 2000) sind exemplarisch typische *Methoden* aufgelistet und charakterisiert. Sie lassen sich nach ihrer Struktur in Gruppen zusammenfassen. So gehören die Trendextrapolation, die historische Analogiebildung und die Zeitreihenanalyse in eine gemeinsame Gruppe. Methoden wie Brainstorming und Delphi-Expertenumfragen sind verwandte intuitiv-heuristische Methoden. Dann gibt es Methoden mit Baumstruktur wie Störfall-, Fehlerbaum- und Risiko-Analysen, auch Ökobilanzen können eine Baumstruktur haben. Methoden mit einer Matrix-Struktur sind die Verflechtungsanalyse, die Cross-Impact-Methode und die Kosten-Nutzen-Analyse. Weiter gibt es die Modellsimulation, oft in Verbindung mit der Szenariotechnik (was wäre wenn?). *Instrumente* bestehen dagegen aus einer Bündelung geeigneter Methoden. Instrumente sind beispielsweise Ökobilanzen, Produktlinienanalysen, Umweltverträglichkeitsprüfungen, Umweltaudits und Umweltmanagementsysteme.

Eine kritische Methodendiskussion ist in der Technikbewertung noch wenig entwickelt und verdient hohe Priorität, so wird in der VDI-Richtlinie angemahnt. Mitunter war gar der Vorwurf zu hören, die Anwender würden (notgedrungen) methodisch von der Hand in den Mund leben. Weiter ist anzumerken, dass die hier aufgeführten Methoden in anderen Disziplinen wie der Ökonomie sowie der Unternehmens- und der Militärforschung (etwa durch die RAND Corporation) schon bekannt und weiterentwickelt wurden, bevor von TA die Rede war. Gleichwohl lassen bisherige TA-Studien erkennen, dass der Methodenentwicklung eine höhere Priorität einzuräumen ist als bisher. Auch hat sich gezeigt, dass sich eine Trennung zwischen Analyse- und Prognosephase arbeitstechnisch als wenig realistisch erweist. Eine Trennung in Wirkungsbereiche wie etwa Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt (die drei Säulen des Leitbildes Nachhaltigkeit) erweist sich meist als zweckmäßiger. Schließlich ist eine Weiterentwicklung der Methodik und Überprüfung der Anwendbarkeit der VDI-Richtlinie zielführend nur machbar, wenn sie sich an konkreten Beispielen orientieren kann.

Dementsprechend sollte auch die TA-Lehre keine reine Methodenlehre sein. Sinnvoll wird sie erst im Bezug zur Aufgabenstellung. Hierzu ist wie in der Forschung eine Anknüpfung an Methoden anderer Disziplinen und eine Orientierung an dem Säulen-Konzept der Nachhaltigkeit sinnvoll.

Auch wenn es bislang noch nicht gelungen ist, eine planmäßige Professur für diese Themen, nennen wir sie Nachhaltigkeits-Management und Technikbewertung, an der TU Clausthal einzurichten, kann man zumindest partiell von einer Erfolgsgeschichte sprechen. Hierfür sind rückblickend zwei Standortfaktoren hilfreich gewesen. Zum einen die Tatsache, dass die TU Clausthal mit der Stadt Clausthal-Zellerfeld im Landkreis Goslar ein überschaubares Umfeld bietet, in dem die wechselseitigen Abhängigkeiten positive Wirkungen entfalten. Es gibt Städte, die *dulden* eine Universität. Dann gibt es Städte, die *haben* eine Universität. Und schließlich gibt es Städte, die *sind* eine Universität. Clausthal-Zellerfeld gehört in die letzte Gruppe. Von daher ist es verständlich, dass universitäre Aktivitäten in besonderer Weise von den Bürgern wahrgenommen werden. Ein großer Anteil der Hörer der ersten Vorlesung „Herausforderung Zukunft“ im Wintersemester 1991/92 waren neben Studenten interessierte Bürger und Kollegen. Ein zweiter wesentlicher Standortfaktor liegt in der Geschichte der TU Clausthal. Als ehemalige Bergakademie erfolgte deren Gründung ebenso wie die vergleichbarer Einrichtungen in Freiberg, Leoben und Schemnitz in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts. Die einsetzende Industrialisierung erforderte Experten für Geologie und Mineralogie (wo findet man Erze und Kohle?), für Bergbau (wie können Erze und Kohle abgebaut und gefördert werden?) sowie für Metallurgie und Hüttenwesen (wie können aus den Erzen Metalle gewonnen werden?). Das Lehrbuch hierfür war das am Ende des 18. Jahrhunderts mehr als 200 Jahre alte epochale Werk von Georg Agricola „De re metallica libri XII“, das im lateinischen Original 1556 erschien und ein Jahr später in deutscher Übersetzung unter dem Titel „Vom Bergwerk“. Spätere Übersetzungen trugen den Titel „Vom Berg- und Hüttenwesen“ (Agricola 1994). Das erste von den zwölf Büchern des Bandes trägt die Überschrift „Vom berg- und hüttenmännischen Beruf und seinem Nutzen“. Darin legt Agricola ausführlich dar, wie nützlich der Bergbau im Vergleich zu anderen Tätigkeiten ist. Das ist faktisch ein frühes Plädoyer für Technikfolgenabschätzung. So schreibt er:

„Die Gewinne des Wucherers, des Kriegsmannes, des Kaufmannes, des Landmannes und des Bergmannes sind alle sehr groß; allein der Wucherer ist verhaßt, die Kriegsbeute ist in grausamer Weise aus dem Vermögen des Volkes geraubt, ohne Schuld der Heimgesuchten, wider Gottes Ordnung; doch der Erwerb des Bergmannes übertrifft an Ehrbarkeit und Anständigkeit den Gewinn des Kaufmannes weit und ist nicht weniger gut als der des Landmannes, nur viel reicher.“

Die weiteren elf Bücher sind den „Künsten“ gewidmet, die der Bergmann beherrschen muss. Auch der Begriff Nachhaltigkeit geht auf den Bergbau zurück. Im späten Mittelalter wurden Erze mit Holzkohle verhüttet, was zu einer enormen Dezimierung der Waldbestände in Zentraleuropa führte. So forderte 1713 der Forstrat von Carlowitz eine „nachhaltende Nutzung“ der Wälder. Dieser Begriff wurde wenig später auf die Fischereiwirtschaft übertragen.

Diese Tradition war für die geschilderten Aktivitäten hilfreich. Im Sommersemester 2011 wird Thomas Turek, Professor für Chemische Verfahrenstechnik an der TU Clausthal, ebenfalls im Studium Generale erstmalig die Vorlesung „Energieflüsse, Stoffkreisläufe und globale Entwicklung“ anbieten, die in ähnlicher Weise an die Tradition und die heutigen Lehr- und Forschungsthemen anknüpft. Diese Vorlesung wurde erstmals 1990 von Lothar Riekert an der Universität Karlsruhe (seit kurzem KIT) angeboten und in der Folgezeit von seinen Schülern Georg Schaub und Thomas Turek weitergeführt und ausgebaut. Daraus ist soeben ein Buch entstanden (Schaub & Turek 2011). In dessen Vorwort schildern die Autoren ihre Motivation in Frageform zu vier Themenfeldern, wobei das letzte Themenfeld über die traditionellen Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern und Ingenieuren hinausgehend von zentraler Bedeutung ist: „As for the industrialized countries, to what extent can they serve as examples for less-developed countries? What are appropriate technology options for sustainable development?“ Ich plädiere dafür, auch diese Vorlesung in den Pflichtkanon aufzunehmen.

Empfehlungen

Anhand der geschilderten Erfahrungen in Lehre und Forschung fasse ich meine Empfehlungen wie folgt zusammen. Zunächst müssten die Studenten in einer Einführung für die „Herausforderung Zukunft“ *sensibilisiert* werden. Danach sollte vermittelt werden, wie das Leitbild Nachhaltigkeit *operationalisiert* werden kann. Dieses Ziel verfolgt die Vorlesung „Technikbewertung“, in der es entscheidend auf eine kritische Diskussion und Vermittlung geeigneter Methoden und Instrumente ankommt. Und da es bei TA um die Analyse komplexer Systeme geht, bietet sich schließlich eine Vorlesung „Dynamische Systeme“ an. Diese erlaubt einen *Anschluss* an die zentrale systemische Vorlesung „Regelungstechnik“, die für alle Ingenieure verpflichtend ist (oder sein sollte). Denn Regelungstechnik *ist* Systemtechnik. Seit einigen Jahren beobachten wir erfreulicherweise eine Renaissance des Systembegriffs, sei es für Studiengänge wie etwa Energiesystemtechnik oder für Professuren wie etwa Systemverfahrenstechnik.

In ähnlicher Weise argumentiert der Verein Deutscher Ingenieure (VDI) in seiner Broschüre „Ingenieurausbildung im Umbruch, Empfehlung des VDI für eine zukunftsorientierte Ingenieurqualifikation“ (VDI 1995). In deren Präambel heißt es:

„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 die 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 den Empfehlungen 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.“

Damit gehört das Fach Technikbewertung nach Auffassung des VDI zum heutigen Grundlagenwissen. Diese 1995 veröffentlichten Empfehlungen sind in einem Memorandum des VDI „Zum Wandel des Ingenieurberufsbildes“ bekräftigt worden (VDI 1997). Die Empfehlung schlägt unmissverständlich vor, den Umfang der Vertiefung und Anwendung zu Gunsten der Grundlagenausbildung und der fachübergreifenden Inhalte zu reduzieren. Sie drückt sich auch nicht um eine Quantifizierung ihrer Vorschläge herum. So heißt es (VDI 1995):

„Der VDI empfiehlt, die viergliedrige Inhaltsstruktur mit 30 % mathematisch-naturwissenschaftlichen Grundlagen, 30 % technischen Grundlagen, 20 % exemplarischer

Vertiefung in einem Anwendungsgebiet und 20 % nichttechnischen Inhalten zu gewährleisten, die einzelnen Disziplinen untereinander zu verzahnen und kontinuierlich an die technische und gesellschaftliche Entwicklung anzupassen.“

Mir ist keine Hochschule bekannt, die die Empfehlungen des VDI auch nur annähernd umgesetzt hat. In Diskussionen innerhalb der Professorenschaft entzündete sich starker Widerstand an dem Vorschlag, den Anwendungsbezug zu reduzieren. Aus verständlichen Gründen sind einerseits die Kollegen der anwendungsorientierten Institute dagegen, ebenso wie Vertreter der Universitätsleitung, die zu Recht einen Einbruch bei der Einwerbung der Drittmittel befürchten. Dem ist bedauerlicherweise wenig entgegenzusetzen, solange der Rang einer Universität maßgeblich an der Höhe der eingeworbenen Drittmittel festgemacht wird. Diese fließen naturgemäß umso kräftiger, je größer der Praxisbezug ist. Gerade die Ingenieur fakultäten scheinen sich daran zu gewöhnen, ihre Institute als staatlich subventionierte Ingenieurbüros zu betreiben. Und die zuständigen Ministerien empfehlen unverblümt, die nahezu ständige Reduktion der institutionellen Zuwendungen durch eine erhöhte Einwerbung von Drittmitteln zu kompensieren. Um nicht missverstanden zu werden: Drittmittel sind prinzipiell nicht schlecht, aber ein Universitätsinstitut ist kein Ingenieurbüro und keine Beratungsfirma. Eine Orientierung von Forschungsthemen ausschließlich an der Frage, ob sich damit Drittmittel einwerben lassen, geht am zentralen Auftrag der Universität vorbei. Forschungsprogramme primär an kurzfristigen Erwartungen der Industrie auszurichten, versperrt den Langzeitblick. Es engt Freiräume ein, die für eine kreative Forschung unerlässlich sind.

Orientiert an den Empfehlungen des VDI hat der Autor „Anforderungen an die Ingenieure der Zukunft“ formuliert und „Zukunftsfähige Studiengänge“ vorgeschlagen (Jischa 2004, s. 253 ff.). Darin geht es auch darum, das Ausufernde und Ausfransen in eine Vielzahl von Studienrichtungen und Studiengängen einzudämmen. Nur eine souveräne Beherrschung der *trendinvarianten* Grundlagen ermöglicht den Absolventen, neue Problemstellungen zu analysieren, die Optionenvielfalt möglicher Lösungen zu erhöhen und Suchräume zu erweitern. Nicht wenige Kollegen haben die Vorstellung, wir müssten die Absolventen passgenau ausbilden, also den Anwendungsbezug stärker betonen. Woher wissen diese Kollegen, was nach dem Ende eines mehrjährigen Studiums Passgenauigkeit bedeutet? Angesichts der ständig beschleunigten Dynamik des technischen Wandels sollten wir uns das Phänomen „Gegenwartsschrumpfung“ (Lübbe 1994) stets vor Augen halten. Wenn wir die Gegenwart als die Zeitdauer konstanter Lebens- und Arbeitsverhältnisse verstehen, dann nimmt der Aufenthalt in der Gegenwart ständig ab. Die unbekanntere Zukunft rückt immer näher an die Gegenwart heran. Zugleich gilt eine für Entscheidungsträger, ob in Wirtschaft oder

Politik verortet, ernüchternde Erkenntnis, die ich das „Popper-Theorem“ nenne (Popper 1987). Es lautet stark verkürzt (was man aus den Ausführungen von Popper herauslesen kann): Wir können immer mehr wissen und wir wissen auch immer mehr. Aber eines werden wir niemals wissen, nämlich was wir morgen wissen werden, denn sonst wüssten wir es bereits heute. Das bedeutet, dass wir zugleich immer klüger und immer blinder werden. Mit fortschreitender Entwicklung der modernen Gesellschaft nimmt die Prognostizierbarkeit ihrer Entwicklung ständig ab. Niemals zuvor in der Geschichte gab es eine Zeit, in der die Gesellschaft so wenig über ihre nahe Zukunft gewusst hat wie heute. Gleichzeitig wächst die Zahl der Innovationen ständig, die unsere Lebenssituation strukturell und meist irreversibel verändert. Das ist ein entscheidender Grund dafür, dass wir TA brauchen.

Schlussbemerkungen

Mein Fazit lautet: Für Ingenieure (und Naturwissenschaftler) sind Nachhaltigkeit und TA in Lehre und Forschung unverzichtbar. Zum Abschluss möchte ich mich selbst zitieren (Jischa 1999, S. 195):

„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. Zu welchem Thema sonst gibt es Veranstaltungen [...], wo Ingenieure, Naturwissenschaftler, Ökonomen, Soziologen, Politologen, Philosophen und Theologen in Vorträgen und Diskussionen ohne nennenswerte Dialogprobleme zusammenfinden? 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.“

Literatur

- Agricola, G. (1994): Vom Berg- und Hüttenwesen. München: dtv reprint
BMU (1992): Agenda 21. Bonn: Bundesumweltministerium
Böhme, G. (1993): Am Ende des Baconschen Zeitalters. Frankfurt am Main: Suhrkamp
Carson, R. (1963): Der stumme Frühling. München: Beck
Global 2000 (1980): Der Bericht an den Präsidenten. Frankfurt am Main: Zweitausendeins

- Hauff, V. (Hrsg.) (1987): Unsere gemeinsame Zukunft. Greven: Eggenkamp
- Jischa, M. F. (1993): Herausforderung Zukunft; Technischer Fortschritt und ökologische Perspektiven. Heidelberg: Spektrum
- Jischa, M. F. (1997): Das Leitbild Nachhaltigkeit und das Konzept Technikbewertung. CIT (69) 12, S. 1695-1703
- Jischa, M. F. (1999): Technikfolgenabschätzung in Lehre und Forschung. In: Petermann, T. & Coenen, R. (Hrsg.) Technikfolgen – Abschätzung in Deutschland. Frankfurt am Main: Campus, S. 165-195
- Jischa, M. F. (2004): Ingenieurwissenschaften. Berlin: Springer
- Jischa, M. F. (2005): Herausforderung Zukunft; Technischer Fortschritt und Globalisierung. 2. Auflage. Heidelberg: Spektrum
- Jischa, M. F. (2010): Nachhaltigkeit in Lehre und Forschung in den Ingenieurwissenschaften. GAIA 19(1), S. 37-39
- Lübbe, H. (1994): Im Zug der Zeit. 2. Auflage. Berlin: Springer
- Meadows, D. et al. (1973): Die Grenzen des Wachstums. Reinbek: Rowohlt
- Popper, K. (1987): Das Elend des Historizismus. Tübingen: Mohr
- Schaub, S. & Turek, T. (2011): Energy Flows, Material Cycles and Global Development. Berlin: Springer
- Snow, C. P. (1967): Die zwei Kulturen. Literarische und naturwissenschaftliche Intelligenz. Stuttgart: Ernst Klett
- VCI (1994): Position der Chemischen Industrie. Frankfurt am Main: Verband der Chemischen Industrie
- VDI (2000): Technikbewertung – Begriffe und Grundlagen, 1. Auflage 1991. Düsseldorf: VDI-Verlag
- VDI (1995): Ingenieurqualifikation im Umbruch. Düsseldorf: VDI-Verlag
- VDI (1997): Memorandum des VDI – Zum Wandel des Ingenieurberufsbildes. Düsseldorf: VDI-Verlag