

Zivilisationsdynamik: Treiber Technik, Folgen und Konsequenzen

Civilisation dynamics: driving force technology, results and consequences

Michael F. Jischa

Received: 16 September 2010 / Accepted: 16 September 2010 / Published online: 12 October 2010
© Springer-Verlag 2010

Abstract Die Menschheitsgeschichte ist untrennbar mit der Nutzung von Materie, Energie und Information verbunden. Im Laufe der Geschichte sind Produktivität, Bevölkerung und Ressourcenverbrauch ständig angestiegen, seit dem vergangenen Jahrhundert mit zunehmender Beschleunigung. In den früh industrialisierten Ländern entwickelte sich vor wenigen Jahrzehnten eine *Bewusstseinswende*, die Segnungen der Technik wurden zunehmend kritisch beurteilt. Das führte zur Formulierung des Leitbildes *Nachhaltigkeit* und unterschiedlichen Ansätzen, dieses zu operationalisieren, aus Sicht der Ingenieure mit dem Konzept *Technikbewertung*. Nach den Natur- und den Ingenieurwissenschaften haben die Gesellschaftswissenschaften diese Themen aufgegriffen, was zu einer teilweisen Annäherung der *Zwei Kulturen* geführt hat. Weiter sind Überlegungen entstanden, Lehr- und Forschungsinhalte zu überdenken, um auf die *Weltprobleme* (in der Sprache des Club of Rome) angemessen reagieren zu können. In jüngerer Zeit wurden Energieszenarien vorgestellt, deren Kernaussage unmissverständlich lautet: Die Zukunft gehört den erneuerbaren Energien.

Abstract The history of mankind is inseparably linked with the utilisation of material, energy and information. Productivity, population and resource consumption are grown permanently during history, since the last century with increasing acceleration. Some decades ago a turning

point in environmental awareness can be observed in early industrialised countries. The blessings of technology have been overshadowed from its risks and dangers. This has lead to the formulation of the ideal model sustainability and various approaches to manage it, from the engineering point of view by technology assessment. After natural and engineering science these topics are adopted by social science, which has lead to a partial convergence of the two cultures. In addition considerations have been started to rethink teaching and research in order to deal with the world problems (in the sense of the Club of Rome). Recently energy scenarios have been published the message: The future belongs to renewable energies.

1 Geschichte der Menschheit als Geschichte von Information und Energie

Die Geschichte der Menschheit ist ein evolutionärer Prozess, den wir Zivilisationsdynamik nennen können. Nur der Mensch ist in der Lage, seine eigene Evolution durch Innovationen zu beschleunigen. Die Menschheitsgeschichte ist die Geschichte des sich durch Technik ständig beschleunigenden Einflusses auf immer größere Räume und immer fernere Zeiten. Waren die Kräfte der Veränderung größer als die Kräfte der Beharrung, dann traten Strukturbrüche ein. Die Zivilisationsdynamik ist bislang durch drei Verzweigungen, drei *Revolutionen*, gekennzeichnet. Die *neolithische Revolution* begann vor etwa 10,000 Jahren in verschiedenen Regionen der Welt. In Europa setzte die *wissenschaftliche Revolution* vor gut 300 Jahren ein, diese ging vor gut 200 Jahren in die *industrielle Revolution* über. Vor wenigen Jahrzehnten startete die *digitale Revolution*, deren Folgen für die Arbeits- und Lebenswelt sich erst in Umrissen abzeichnen.

M. F. Jischa (✉)
Institut Für Technische Mechanik der TU Clausthal,
Adolph-Roemer-Straße 2a,
38678 Clausthal-Zellerfeld, Germany
e-mail: michael.jischa@tu-clausthal.de
URL: <http://www.itm.tu-clausthal.de>

Die Darstellung in Fig. 1 lehnt sich an ein internes Papier von P. Johnston, Europäische Kommission, an. In der qualitativen Darstellung ist auf der horizontalen Achse die zentrale Ressource der jeweiligen Gesellschaftstypen aufgetragen. Wir können sie als Zeitachse deuten, denn die jeweiligen Übergänge erfolgten in zeitlicher Abfolge. Auf der vertikalen Achse ist die Produktivität aufgetragen, dargestellt in heutiger Terminologie als Bruttoinlandsprodukt (BIP) pro Kopf und Jahr. Vor einer Interpretation der Darstellung sei darauf hingewiesen, dass es quantitative Auftragungen mit einem ähnlichen Verlauf gibt. Wenn die Entwicklung der Weltbevölkerung in doppelt logarithmischer Auftragung dargestellt wird, und dabei die Zeitachse rückwärts gezählt wird, so erreicht man eine Dehnung der jüngeren Vergangenheit und einer Stauchung der Urzeit. Die Entwicklung der Weltbevölkerung über der Zeitachse zeigt dann einen ähnlichen Verlauf wie Fig. 1, siehe Jischa [1, Seite 43]. Den Sättigungsprozessen bei der Produktivität entspricht korrespondierend damit ein Abflachen der Bevölkerungsentwicklung. Mit dem Einsetzen der drei geschilderten *Revolutionen* sind Produktivität, Bevölkerung sowie Verbrauch an Ressourcen jeweils signifikant angestiegen. Das ist ein typischer autokatalytischer Prozess. Derartige positive Rückkopplungen haben zu den *Weltproblemen* geführt.

Die in Fig. 1 dargestellten Verläufe sind eng mit vier *informationstechnischen Revolutionen*, auch *Gutenberg-Revolutionen* genannt, verknüpft. Am Beginn der Menschwerdung stand die Innovation der Sprache vor einigen 100,000 Jahren. Diese erste Gutenberg-Revolution war die entscheidende Voraussetzung dafür, dass unsere Vorfahren sich in Stämmen organisieren konnten. Die Gesellschaft der Jäger und Sammler entstand, ihre entscheidende Ressource war die Natur. Die Produktivität war gering, der Anstieg der Weltbevölkerung ebenso. Vor etwa 10,000 Jahren setzte eine erste durch Technik induzierte strukturelle Veränderung der Gesellschaft ein, die *neolithische Revolution*. Sie kennzeichnet den Übergang von der Welt der Jäger und Sammler zu den Ackerbauern und Viehzüchtern. Pflanzen wurden angebaut und Tiere domestiziert, die Menschen

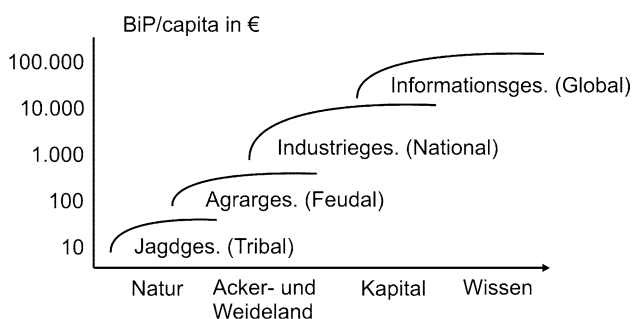


Fig. 1 Technischer Wandel als Motor für gesellschaftliche Veränderungen, aus Jischa [1]

begannen sesshaft zu werden. Die Agrargesellschaft entstand. Die Unterwerfung der Natur durch Be- und Entwässerungsanlagen sowie durch Dammbau war die erste große technische und soziale Leistung der Menschheit. Ein derartiges organisatorisches Problem konnte nicht von überschaubaren Stämmen gelöst werden, es bildeten sich feudale Strukturen aus. Mündliche Anweisungen wurden ineffizient und mussten durch neue Medien wie Schrift, Zahlen und Maße ersetzt werden. Das war die zweite Gutenberg-Revolution. Acker- und Weideland waren die entscheidenden Ressourcen in der Agrargesellschaft.

Vor gut 500 Jahren begann jenes große europäische Projekt, das mit den Begriffen Aufklärung und Säkularisierung beschrieben wird. Das Wunder Europa [2] führte zur Verwandlung und Beherrschung der Welt durch Wissenschaft und Technik. Die *wissenschaftliche Revolution* wäre ohne den Buchdruck, der dritten Gutenberg-Revolution, nicht denkbar gewesen. In der sich anschließenden *industriellen Revolution* wurde das Kapital zur entscheidenden Ressource. Der Buchdruck induzierte ungeahnte Veränderungen in der Gesellschaft. Vermutlich wäre es ohne den Buchdruck nicht zur Reformation gekommen, Luthers Flugschriften waren die ersten Massendrucksachen in der Geschichte. Unsere Generation ist Zeuge einer vierten informationstechnischen Revolution, der *digitalen Revolution*. Während die Industriegesellschaft mit der Bildung von Nationalstaaten verknüpft war, so erzwingt die Informationsgesellschaft faktisch globale Strukturen. Wissen ist zur entscheidenden Ressource geworden.

Ähnlich anschaulich lässt sich die Geschichte der Menschheit als *Energiegeschichte* darstellen, Fig. 2. Unterschiedliche Energieträger und Energieformen sowie Fortschritte in Wandlung, Transport und Speicherung von Energie kennzeichnen die Entwicklung bis zum heutigen Tag. In der Welt der Jäger und Sammler waren das Feuer und die menschliche Arbeitsleistung die einzigen Energiequellen. In der Agrargesellschaft kam zunächst die Arbeitsleistung der Tiere hinzu, im Mittelalter folgten Wassermühlen und Windmühlen. Das war die energetische Situation bis zur französischen Revolution. Die Truppen Napoleons waren energetisch auf der gleichen Stufe wie jene von Alexander dem Großen, Hannibal und Cäsar. Ihre Geschwindigkeit war die Geschwindigkeit von Mensch und Tier. Die industrielle Revolution leitete Ende des 18. Jahrhunderts den Eintritt in das fossile Energiezeitalter ein. Beginnend mit der Nutzung der Steinkohle zur Verhüttung von Erzen kamen Erdöl Ende des 19. und Erdgas Mitte des 20. Jahrhunderts als Primärenergieträger hinzu, Erdgas etwa zeitgleich mit der friedlichen Nutzung der Kernenergie. Ohne an dieser Stelle auf die Definitionen von Ressourcen, wahrscheinlichen und sicheren Reserven einerseits sowie auf statische und dynamische Reichweiten andererseits einzugehen, sei kurz gesagt: Kohle, Erdöl und Erdgas stehen uns nur noch für

Fig. 2 Energiegeschichte der Menschheit, aus Jischa [1, 3]

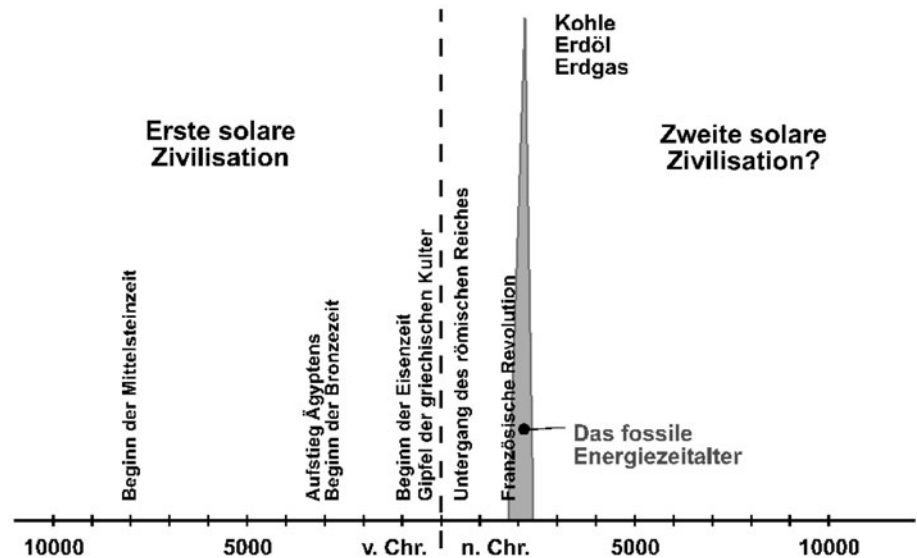
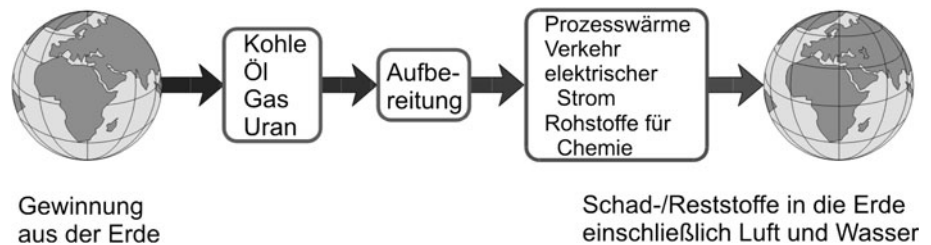


Fig. 3 Heutige Energieversorgung, aus Jischa [1, 3]



einen Zeitraum zur Verfügung, der etwa der bisherigen Nutzungsdauer entspricht. Es ist daher berechtigt, das gut 200 Jahre währende fossile Zeitalter als „Wimpernschlag“ in der Geschichte der Menschheit zu bezeichnen.

Unser heutiges Energiesystem ist weder aus Versorgungsgründen noch aus Entsorgungsgründen zukunftsfähig. Es basiert global und national zu über 80% auf den fossilen Primärenergieträgern, die ebenso wie Uran aus der Erde gewonnen werden. Über entsprechende Aufbereitungs- und Umwandlungsprozesse wird daraus Sekundärenergie für verschiedene Anwendungen. Anschließend werden die Rest- und Schadstoffe mit oder ohne geeignete Weiterbehandlung wieder in die Umwelt abgegeben, Fig. 3. Trotz intensiver Bemühungen bezüglich Recycling und Rückführung bleibt es ein offenes System, das keine Zukunft haben kann. Wie zukünftige Energiesysteme aussehen können und werden, wird weiter unten behandelt. Dort wird deutlich werden, dass wir am Vorabend einer *Energie-revolution* stehen.

2 Die Bewusstseinswende der 1960er Jahre

Bis vor gut drei Jahrzehnten war der Fortschrittsglaube überall in der Welt ungebrochen. Insbesondere die Aufbau-phase in unserem Land nach dem Zweiten Weltkrieg wurde

davon getragen. Die Erde schien über nahezu unerschöpfliche Ressourcen zu verfügen. 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 Entwicklungsländer und die Länder des ehemals kommunistischen Teils der Welt huldigen weiter dem Fortschrittsglauben, während dieser in der früh industrialisierten Welt zunehmend ins Wanken geriet. Ironischer Weise 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 Technikephorie. Andererseits wurde über die Fernsehschirme die Botschaft zu uns getragen, dass unser Raumschiff Erde endlich ist und dass wir alle in einem Boot sitzen.

In den Wohlstandsgesellschaften der westlichen Welt wurde in den 1960er 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 und nicht zuletzt gegen die Umweltzerstörungen. Aus den ökologischen Bewegungen ist mit den „Grünen“ eine offenkundig stabile politische Kraft hervorgegangen. Die Bewusstseinswende manifestierte sich in unterschiedlicher Weise. Zum einen wurde 1968 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 und Lösungsansätze zu diskutieren. Hierfür prägten sie die Begriffe „*World Problematique*“ und „*World Resolutique*“. Ihre erste Analyse war erstaunlich weitsichtig, sie betraf drei Punkte: Die Bedeutung eines ganzheitlichen Ansatzes zum Verständnis der miteinander vernetzten Weltprobleme, die Notwendigkeit von langfristig angelegten Problemanalysen und die Aufforderung „global denken und lokal handeln“. Der CoR stellte 1972 seine erste Studie „Die Grenzen des Wachstums“ [4] vor. Die Mittel hierfür hatte die Volkswagen-Stiftung zur Verfügung gestellt. Dies war Eduard Pestel, Professor für Mechanik an der Universität Hannover, zu verdanken, der sich kurz nach der Gründung dem CoR anschloss und der weitere Berichte sowohl initiierte als auch bearbeitete.

Zuvor hatte die amerikanische Biologin Carson 1962 mit ihrem inzwischen zum Kultbuch der Ökologiebewegung avancierten Band „Der stumme Frühling“ [5] ein aufrüttelndes Signal gesetzt. Zehn Jahre später schockierte der erwähnte Bericht „Die Grenzen des Wachstums“ die Öffentlichkeit. Knapp zehn Jahre danach wurde der von J. Carter, dem damaligen Präsidenten der USA, initiierte Bericht „Global 2000“ [6] vorgestellt. Im Jahr 1987 erschien der Brundtland-Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung mit dem Titel „Our Common Future“ und ebenso die deutsche Version „Unsere gemeinsame Zukunft“ [7]. Dieser Bericht hat entscheidend dazu beigetragen, das Leitbild *Sustainable Development* einer größeren Öffentlichkeit nahe gebracht zu haben. Die Diskussion erreichte einen vorläufigen Höhepunkt mit der Agenda 21, dem Abschlussdokument der UN-Konferenz für Umwelt und Entwicklung 1992 [8]. Schließlich 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.

Offenbar befinden wir uns „am Ende des Baconschen Zeitalters“ [9], wenn wir die neuzeitliche Wissenschaft als die Epoche Bacons bezeichnen. Denn in unserem Verhältnis zur Wissenschaft ist eine Selbstverständlichkeit

abhanden gekommen. 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 Begriff *Nachhaltigkeit* ist keine Erfindung unserer Tage. Konzeptionell wurde er erstmals Anfang des 18. Jahrhunderts in Deutschland unter der Bezeichnung des nachhaltigen Wirtschaftens eingeführt, als starkes Bevölkerungswachstum und zunehmende Nutzung des Rohstoffes Holz (als Energieträger und als Baumaterial) eine einschreitende Waldpolitik erforderlich machten.

3 Das Leitbild Nachhaltigkeit und das Konzept Technikbewertung

Alle Definitionen von Nachhaltigkeit beziehen sich auf den Brundtland-Bericht. Danach ist eine Entwicklung nur dann nachhaltig, wenn sie „die Bedürfnisse der gegenwärtigen Generation befriedigt, ohne zu riskieren, dass zukünftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können“. Was darunter einvernehmlich verstanden wird, kann einem frühen Positionspapier des Verbandes der Chemischen Industrie entnommen werden [10]: „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 ist jedoch dessen Unverbindlichkeit, da jede gesellschaftliche und politische Interessengruppe jeweils „ihrer“ Säule (entweder Wirtschaft, Umwelt oder Gesellschaft) eine besondere Priorität zuerkennt. 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. Entscheidend ist die Frage, wie Nachhaltigkeit in wirtschaftliches und politisches Handeln umgesetzt werden kann.

Mit Fig. 4 möchte ich die Zielkonflikte in Form einer Nachhaltigkeitsmatrix darstellen, die unterschiedliche

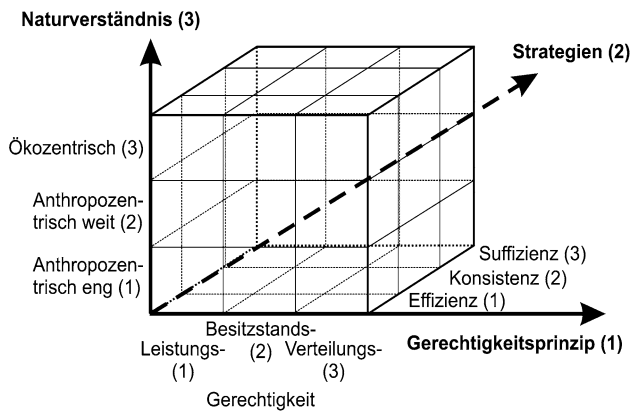


Fig. 4 Nachhaltigkeitsmatrix, aus Jischa [1, 3]

Positionierungen erlaubt. Die Achsen stellen die drei Nachhaltigkeits-Säulen Gesellschaft, Ökonomie und Ökologie dar. Auf der einen Achse sind drei unterschiedliche Gerechtigkeitsprinzipien dargestellt: 1. Leistungs-, 2. Besitzstands-, 3. Verteilungs- bzw. Bedürfnisgerechtigkeit. Dies sind im politischen Raum die liberale (1), die konservative (2) und die sozialistische Position (3). Auf der zweiten Achse sind drei denkbare Strategien dargestellt: Effizienz- (1), Konsistenz-(2) und Suffizienz-Strategie (3). Mit Konsistenz ist Vereinbarkeit bzw. Verträglichkeit von anthropogenen mit geogenen Stoffströmen gemeint. Es ist ein empirischer Befund, dass eine Verbesserung der Ressourceneffizienz in der Vergangenheit stets durch eine gleichzeitige Zunahme der Ansprüche und damit des Verbrauchs kompensiert, oft gar überkompensiert worden ist. Dies wird als Bumerang-Effekt bezeichnet, für den sich zahlreiche Beispiele finden lassen. Wir haben nie zuvor in der Geschichte so viel Papier verbraucht wie heute, obwohl die Informationstechnologien ein nahezu papierloses Büro ermöglichen könnten. Die Erhöhung der Transportgeschwindigkeiten hat nicht zu einer Zeitersparnis geführt, sondern nur dazu, dass wir in der gleichen Zeit größere Distanzen zurücklegen. Somit kann eine Verbesserung der Ressourceneffizienz nicht die alleinige Antwort sein, sie muss durch eine Suffizienzstrategie ergänzt werden. Auf der dritten Achse sind drei unterschiedliche Auffassungen zum Naturverständnis aufgetragen. Ein enges anthropozentrisches Naturbild sieht die Natur nur als Quelle und Senke von Stoffen (1). Ein weiter gefasstes anthropozentrisches Naturbild sieht in der Natur auch ein Kulturgut und billigt ihr einen Erholungswert und ästhetische Kategorien zu (2). Ein ökozentrisches Naturbild (3) steht der Natur ein Eigenrecht zu.

Mit der Darstellung in Fig. 4 möchte ich verdeutlichen, dass das diffuse Leitbild Nachhaltigkeit objektiv nicht fassbar ist. Es wird greifbar erst aus gesellschaftlichen und politischen Auseinandersetzungen bezüglich der Zielprioritäten. Also müssen gerade bei diffus formulierten

Zielvorgaben folgende Probleme transparent und nachvollziehbar behandelt werden: Es sind unterschiedliche Szenarien (was wäre wenn?) zu vergleichen. Das erfordert quantifizierbare Aussagen. Dazu müssen relevante Indikatoren entwickelt werden. Quantifizierung verlangt Messbarkeit und Vergleichbarkeit verlangt Bewertung. Zur Bewertung werden schließlich Kriterien benötigt, diese sind jedoch zeitlich und räumlich veränderlich. Denn „das Sein bestimmt das Bewusstsein“, wie Karl Marx es so treffend formuliert hat. Oder um Bert Brecht zu zitieren: „Erst kommt das Fressen und dann die Moral“. Die indische Ministerpräsidentin Indira Gandhi hatte seinerzeit auf einer Weltenergiekonferenz auf die Frage, wie sie Indien zu elektrifizieren gedenke, geantwortet, mit Kernenergie. Auf die Nachfrage, ob ihr denn die Restrisiken der Kernenergie nicht bewusst seien, gab sie eine für mich klassische Antwort: „Verhungernde fragen nach keinem Restrisiko“. Unabhängig von den jeweiligen Zielvorgaben geht es stets um die gleiche Frage: Welche Technologien sind in der Lage, eine Entwicklung der Menschheit in Richtung Nachhaltigkeit zu ermöglichen? Und welche Technologien sind in der Lage, die durch Technik geschaffenen Probleme (die nichtintendierten Folgen von technischen Entwicklungen) zu mildern, zu korrigieren oder gar zu beseitigen? Das leitet zu der Frage über, wie Technik bewertet werden kann.

Der Begriff *Technology Assessment* (TA) tauchte erstmalig 1966 in einem Bericht an den US-amerikanischen Kongress im Zusammenhang mit Folgen technischer Entwicklungen auf. Konkreter Anlass war die Forderung nach einem Frühwarnsystem bei komplexen großtechnischen Neuerungen wie Überschallflug, Raumfahrttechnik und Raketenabwehrsystemen. Als Folge davon wurde 1972 das Office of Technology Assessment (OTA) gegründet. Damit sollte ein Beratungsorgan für den Kongress, also die Legislative, geschaffen werden. Dies löste ähnliche Bewegungen in den westlichen Industrieländern aus. Hierzu verweise ich auf die Darstellungen in [1, 3]. An dieser Stelle möchte ich sogleich aus der VDI-Richtlinie „Technikbewertung“ die Vorgehensweise beschreiben [11]:

„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,
- auf Grund 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.“

Anders formuliert: Ingenieure haben Technik schon immer bewertet, bislang jedoch nur nach zwei Kriterien, einem technischen und einem ökonomischen. Das technische Kriterium betrifft Qualität, Funktionalität und Sicherheit eines Produktes. Die Ökonomie beinhaltet einerseits ein betriebswirtschaftliches Kriterium, das danach fragt, ob sich ein Produkt am Markt platzieren lässt. Die volkswirtschaftliche Seite der Ökonomie berücksichtigt Fragen der internationalen Verträglichkeit und der Verfügbarkeit. Das Leitbild Nachhaltigkeit verlangt mehr. Technik muss zusätzlich umweltverträglich und sozialverträglich sein. Die Kriterien Umweltverträglichkeit und Sozialverträglichkeit sind seit einiger Zeit Bestandteil ganzheitlicher Bewertungen geworden.

4 Konsequenzen aus der Dynamik des technischen Wandels

Aus der Darstellung in Fig. 1 kann eine Folgerung gezogen werden, die der Philosoph Lübke mit dem Begriff *Gegenwartsschrumpfung* beschrieben hat [12]. Unsere Vorfahren haben einige 100,000 Jahre in der Welt der Jäger und Sammler gelebt, einige 1000 Jahre in der Agrargesellschaft und rund 200 Jahre in der Industriegesellschaft. Die Digitalisierung der Informationstechnologien hat erst vor wenigen Jahrzehnten begonnen und es wird deutlich, dass technische Innovationen in immer kürzeren Zyklen neue Produkte generieren. Wenn wir die Gegenwart als die Zeitdauer konstanter Lebens- und Arbeitsverhältnisse verstehen, dann nimmt der Aufenthalt in der Gegenwart ständig ab. Als eine Folge der ständig beschleunigten Dynamik des technischen Wandels rückt die unbekannte Zukunft immer näher an die Gegenwart heran. Die laufend rascheren Veränderungen überfordern unsere auf statischem Denken beruhenden Rezepte. Dadurch werden Ängste und Unsicherheiten geschürt. Gleichzeitig wächst in der Gesellschaft die Sehnsucht nach dem Dauerhaften, dem Beständigen. Der Handel mit Antiquitäten, mit Oldtimern und Repliken blüht, weil diese das Dauerhafte symbolisieren.

Zugleich gilt eine für Entscheidungsträger, seien sie in Wirtschaft oder Politik verortet, ernüchternde Erkenntnis. Diese bezeichne ich als „Popper-Theorem“, auch wenn sich meine verkürzte Formulierung aus Poppers Darstellungen nur indirekt herauslesen lässt [13]: Wir können immer mehr wissen und wir wissen auch immer mehr. Aber eines werden wir niemals wissen können, 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. Die damit einhergehende Überforderung wird zunehmen. Es war immer so, dass sich die Arbeitswelt durch technische Innovationen verändert hat. Doch einerseits hat das Tempo der Veränderungen zugenommen, und andererseits haben diese Veränderungen gleichfalls die Lebenswelt erfasst. Dass dies weit reichende Folgen gesellschaftlicher Art haben wird, ist völlig unstrittig. Aus- und Weiterbildung müssten sich diesen Herausforderungen stellen. Bevor ich darauf eingehe, möchte ich einige Analysen aus gesellschaftswissenschaftlicher Sicht kurz skizzieren.

5 „Epochenwende“ oder „Das Ende der Welt, wie wir sie kannten“

In der Überschrift verwende ich zwei Buchtitel, die unsere heutige Situation plastisch beschreiben. Damit möchte ich darstellen, in welcher Weise Vertreter der Gesellschaftswissenschaften auf die *Weltprobleme* reagieren. Das werde ich auf zwei Ansätze beschränken, jene von Miegel sowie Leggewie und Welzer. In „Die deformierte Gesellschaft“ thematisiert Miegel das Phänomen der Verdrängung [14]. Unsere Gesellschaft wähnt sich in einer besseren Welt, obwohl etliche Probleme unübersehbar geworden sind. Auf der politischen Bühne wird über Nebensächlichkeiten gestritten, notwendige Aufgaben werden nicht angepackt. Aus „Epochenwende“ [15] möchte ich eine zentrale Passage zitieren: „In dieser historischen Situation wird von den Europäern nichts Geringeres erwartet als eine verallgemeinerungsfähige Antwort auf die Frage: Welchen Weg können und sollen Völker einschlagen, die an Zahl abnehmen und stark altern, die ein mehr oder minder hohes Versorgungsniveau erreicht haben und deren sozialer Zusammenhalt schwach geworden ist? Bisher hatte die Menschheit keinen Grund, sich mit dieser Frage zu befassen. Die Europäer betrifft sie als Erste. Deshalb stellen sie mit ihren Antworten Weichen weit über das 21. Jahrhundert hinaus. Wieder sind sie es, die - wenn sie ihrer neuen Rolle gerecht werden - eine globale Entwicklung einleiten. Vielleicht gehört auch das zu den Ironien der Geschichte.“ Zuletzt hat Miegel in „EXIT – Wohlstand ohne Wachstum“ [16] die Themen Wachstumswahn, Verschwendung natürlicher Ressourcen und falsche ökonomische Bilanzierungen behandelt. Er macht deutlich, dass heutiges Wachstum unseren Wohlstand nicht mehrt, sondern auf dramatische Weise verzehrt.

Die Bücher von Leggewie und Welzer kreisen um das Thema *Klimawandel als Kulturwandel*. Nach ihrer

Auffassung ist der Klimawandel nicht nur ein globales Phänomen, er stellt darüber hinaus die menschlichen Gesellschaften und Institutionen vor völlig neue Herausforderungen. Welzer macht deutlich, dass die Linien der Gewalt im 21. Jahrhundert durch Konflikte um Ressourcen, Kriege gegen eigene Bevölkerungen, Wellen von Klimaflüchtlingen und Terrorismus gekennzeichnet sind [17]. Leggewie und Welzer verdeutlichen, dass unsere Lebensgewohnheiten die Funktionsgrenzen der kapitalistischen Wirtschaftsform überschreiten [18]. Sie stellen die Frage, ob die Demokratien des Westens fähig sind, sich in Richtung Zukunftsfähigkeit zu modernisieren. Sie sind der Auffassung, dass sich eine Gesellschaft zur Meisterung der Krise nicht mehr allein auf bisherige Institutionen und Akteure verlassen kann. Die Bürgergesellschaft muss sich als verantwortlicher Teil eines Gemeinwesens verstehen, das ohne deren aktiven Beitrag nicht überleben kann. Die Autoren möchten die Chancen einer *Demokratisierung der Demokratie* ausloten. Soeben ist der Sammelband „KlimaKulturen“ erschienen [19]. Damit wollen die Autoren der Zukunftsvergessenheit der Sozial-, Geistes- und Kulturwissenschaften entgegentreten. Denn ihre eigene Zunft hat bislang versäumt, sich mit dem Thema *Klimawandel als Kulturwandel* zu befassen.

Mit diesem Abschnitt möchte ich die Leser eines Journals mit ausschließlich naturwissenschaftlichen und technischen Themen dazu animieren, sich mit Analysen der anderen Kultur auseinander zusetzen. Denn wenn die Technik der entscheidende Treiber gesellschaftlicher Entwicklungen ist, was ich im ersten Abschnitt zu verdeutlichen versucht habe, dann müssen die *Macher der Technik* von den Gesellschaftswissenschaften lernen. Es ist unter Ingenieuren eine häufig anzutreffende Vorstellung, Gesellschaftswissenschaftler als Akzeptanzbeschaffer gebrauchen (besser missbrauchen) zu wollen. Diejenigen, die so denken, haben die Botschaft nicht verstanden.

6 „Ingenieurqualifikation im Umbruch“

Auch an dieser Stelle habe ich als Überschrift den Titel einer Publikation gewählt, auf die ich mich beziehe. Der Verein Deutscher Ingenieure (VDI) hat 1995 die Broschüre „Ingenieurausbildung im Umbruch, Empfehlung des VDI für eine zukunftsorientierte Ingenieurqualifikation“ herausgegeben [20]. 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.“

Diese 1995 veröffentlichten Empfehlungen sind in einem Memorandum des VDI „Zum Wandel des Ingenieurberufsbildes“ 1997 bekräftigt worden. Mir ist keine Hochschule bekannt, die die Empfehlungen des VDI auch nur annähernd umgesetzt hat. 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 [20]:

„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.“

Vorschläge zur Reduzierung des Anwendungsbezugs sind umstritten. 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 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. Aus den bisherigen Ausführungen und den Empfehlungen des VDI ziehe ich folgende Konsequenzen für das Studium der Ingenieure [3, Sect. 262 f.]:

1. Die *trendinvarianten Grundlagen* sind zu verstärken. Lösungsverfahren der numerischen Mathematik, die Newtonschen Grundgleichungen der Mechanik, die Hauptsätze der Thermodynamik sowie die Maxwell'schen Gleichungen der Elektrodynamik sind unabhängig von den jeweils zu lösenden Problemen. Nur eine souveräne Beherrschung der Grundlagen gibt den Ingenieuren Flexibilität, Elastizität und Anpassungsfähigkeit an neue Fragestellungen. Die Optionenvielfalt möglicher Arbeitsfelder wird erhöht, während eine allzu frühe Spezialisierung diese einengt.
2. Es geht verstärkt um technische Komponenten *und* um Systeme. Wir benötigen mehr *Systemkompetenz*. Am Beispiel der Verfahrenstechnik bedeutet dies, dass zu der unverzichtbaren Beherrschung ihrer Grundoperationen verstärkt Kenntnisse in Systemtechnik hinzukommen müssen.
3. Ingenieure brauchen zunehmend Fähigkeiten kommunikativer, sozialer und interkultureller Art, und dies aus zwei Gründen. Ingenieure sind durchweg sprachlos, wenn in der Öffentlichkeit (und in Talkshows) über Technik diskutiert wird. Dieses Feld überlassen sie kampflos Vertretern der anderen Kultur (aus den Geistes- und Gesellschaftswissenschaften) und wundern sich anschließend über eine vermeintliche oder tatsächliche Technikfeindlichkeit der Gesellschaft. Ein zweiter Grund liegt darin, dass die Bearbeitung realer Probleme zumeist nur zwischen den Disziplinen erfolgen kann.

Die Antwort der Hochschulen angesichts der neuen Herausforderungen war bislang erstaunlich kurzichtig, nicht nur in den technischen Disziplinen. Wenn ein Problemfeld ausgemacht wurde, dann wurde ein neuer (meist „Bindestrich“-) Studiengang kreiert. Nahezu ständig erfahren wir von neuen Studiengängen mit oft abenteuerlichen Wortschöpfungen. Angesichts der *Gegenwärtsschrumpfung* kann man davon ausgehen, dass viele der heute ausgemachten Problemfelder durch neue ersetzt sein werden, wenn die ersten Absolventen die Hochschulen verlassen. Was also ist zu tun? Ein Besinnen auf die Kernkompetenzen tut not. In dem Studienbuch „Ingenieurwissenschaften“ habe ich meine Vorstellungen für zukunftsfähige Studiengänge für Ingenieure dargelegt [3, Seite 264 ff.]. In meinem Vorschlag sind die ersten drei Semester für alle Studienrichtungen in den Ingenieurwissenschaften identisch. Erst im vierten Semester setzt eine fachspezifische Differenzierung ein, wobei ich zunächst vier Varianten vorgeschlagen habe: Mechanical, Chemical, Electrical und Systems Engineering. Erweiterungen im Hinblick etwa auf Civil und auf Geo Engineering liegen nahe. Des Weiteren schlage ich auch für das jeweilige Hauptstudium für alle Studienrichtungen drei identische Fächer vor, die übergreifenden Charakter haben: Regelungs- und Systemtechnik, Modellierung und Simulation sowie Technikbewertung. Es ist mir völlig unverständlich, wieso etliche Kollegen nach wie vor glauben, wir müssten die Studenten „passgenau“ ausbilden. Wer kann angesichts des Popper-Theorems wissen, welche „fachspezifischen“ Kenntnisse in einigen Jahren von Bedeutung sein werden? Eines ist gewiss, die Grundlagen der Ingenieurwissenschaften haben bleibenden Wert. Sie gilt es zu verstärken und nicht etwa auf Kosten der Vertiefungen zu reduzieren.

Neben dem VDI gibt es weitere Einrichtungen mit Weitblick. So hat der WCEC (World Chemical Engineering Council) soeben eine Anfrage an alle Hochschulen gerichtet, die Chemieingenieure ausbilden. Dabei geht es um die Frage, ob und in welcher Weise das Leitbild Nachhaltigkeit in Lehre und Forschung eingebettet ist. Dieses Projekt ist vom Autor formuliert worden. Dessen diesbezügliche Aktivitäten sind kürzlich in einem Interview dargelegt worden [21, auch 1, 3].

7 Energie für die Welt von morgen

Damit knüpfe ich an den ersten Abschnitt mit der Schilderung der Vergangenheit an und möchte Energieszenarien und Prognosen vorstellen, die in jüngerer Zeit zu einer erstaunlichen Konvergenz geführt haben. Dabei geht es im Kern um die Frage, ob wir in eine zweite intelligente solare Zivilisation einsteigen werden, oder ob die Kernenergie zumindest zeitweise noch eine gewisse Rolle spielen wird.

Das ist mit dem Fragezeichen in Fig. 2 gemeint. Daher beginne ich nicht ohne Grund mit einer 30 Jahre alten Studie. Die Enquete-Kommission „Zukünftige Kernenergiepolitik“ des 8. Deutschen Bundestages hat die energiepolitische Verzweigungssituation durch die beiden Referenzfälle K-Pfad (Kernenergie) und S-Pfad (Solarenergie und Sparen) dargestellt [22]. Dabei bedeutet der K-Pfad zentrale großtechnische Anlagen, der S-Pfad ermöglicht zentrale und dezentrale Lösungen. Die Kommission hat ihre Analyse auf die Kriterien Wirtschaftlichkeit, internationale Verträglichkeit sowie Umwelt- und Sozialverträglichkeit gestützt. Das ist bemerkenswert, weil die beiden letzten Kriterien erstmalig in einer entsprechenden Studie aufgenommen wurden. Die Studie kommt zu dem Ergebnis, dass beide Pfade technisch und ökonomisch machbar sind, und dass sie sich in den Gesamtkosten nicht wesentlich voneinander unterscheiden. Mehr als 20 Jahre später hat der „Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen“ (WBGU) seinen Bericht „Welt im Wandel: Energiewende zur Nachhaltigkeit“ vorgestellt [23]. Zwei Aussagen möchte ich hervorheben. Der Primärenergieverbrauch wird von 2000 bis 2100 um den Faktor vier zunehmen. Das ist viel, aber im Vergleich zum vergangenen Jahrhundert wenig. Denn von 1900 bis 2000 hat der Primärenergieverbrauch weltweit um das 12 fache zugenommen, die Weltbevölkerung um das 3,5 fache. Der geringere Anstieg in diesem Jahrhundert ist weitgehend der Tatsache geschuldet, dass der Anstieg der Weltbevölkerung abflachen wird. Die zweite wesentliche Aussage des WBGU betrifft den Energiemix. Es wird ein Auslaufen der Nutzung nuklearer Energieträger prognostiziert bei gleichzeitig starker Minderung der Nutzung fossiler Energieträger. Im Gegenzug wird es einen erheblichen Ausbau neuer erneuerbarer Energieträger geben, insbesondere der Solarenergie (i. w. solarthermische Kraftwerke).

Im Jahr 2009 hat die Diskussion durch eine von der Industrie angestoßene Initiative einen neuen Schub erfahren. Am 13. Juli 2009 haben Vertreter von 12 Konzernen (darunter ABB, RWE, EON, Siemens, Deutsche Bank sowie eine spanische und eine algerische Firma) die „Desertec Industrial Initiative DII“ gegründet. Ebenfalls 2009 wurde die Desertec Foundation gegründet, die Gründungsgesellschafter der DII ist. Das Konzept stammt von dem Physiker Gerhard Knies, einem Mitglied der Deutschen Gesellschaft of Rome [24]. Erste Studien wurden vom Institut für Technische Thermodynamik des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Stuttgart durchgeführt [25]. „Wüstenstrom aus der Sahara für Europa“, so lautete eine von vielen Überschriften in überregionalen Zeitungen. Das ist ein wenig verkürzt, denn es wird sich um ein Verbundnetz von Island bis in die Subsahara handeln. In einem Mix regenerativer Energien

bestehend aus Windkraft, Wasserkraft, Biomasse, Geothermie und Fotovoltaik wird die Solarthermie zweifellos die tragende Rolle spielen. Der Reiz des Projektes liegt nicht nur darin, Strom mit Hochspannungs-Gleichstromübertragung (HGÜ) nach Europa zu schicken. Zugleich soll ein Teil des Stroms in der Region für die Entsalzung von Meerwasser verwendet werden. Die friedensfördernde Wirkung liegt auf der Hand. Ebenfalls 2009 ist am 10. September auf Initiative von Daimler und Linde eine „H2 Mobility“ Initiative zum Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur in Deutschland ins Leben gerufen worden [26]. An dieser Initiative haben sich u. a. die Firmen EnBW, Shell, Total, Vattenfall und OMV beteiligt. Parallel dazu haben zahlreiche Automobilfirmen (darunter Toyota, Ford, GM, Opel, Renault, Nissan, Hyundai, Honda, Kia) eine gemeinsame Erklärung unterzeichnet, wobei bis 2015 die marktreife Einführung von Brennstoffzellenfahrzeugen angestrebt wird.

Das Jahr 2010 war bisher (dieser Text entstand im September 2010) von drei Initiativen gekennzeichnet, die jede für sich in unterschiedlicher Weise außerordentlich bemerkenswert gewesen sind. Es begann im Mai 2010 mit einer Stellungnahme des Sachverständigenrats für Umweltfragen (SRU) mit dem Titel „Klimaverträglich, sicher, bezahlbar: 100% erneuerbare Stromversorgung bis 2050“ [27]. Die zentrale Aussage lautet, dass die Stromversorgung in Deutschland allein aus regenerativen (inländischen!) Energien gespeist werden kann, sofern die Weichen für eine klare politische Zielsetzung (u. a. für den Ausbau von Speichern und Netzen) gestellt werden. Die Tatsache, dass die Erneuerung des Kraftwerksparks in Deutschland ansteht, bietet laut SRU günstige Voraussetzungen für die Umstellung der Stromversorgung auf erneuerbare Energien. Die Stromgestehungskosten werden nach der Studie wahrscheinlich niedriger sein als bei einem Mix aus regenerativen und CO₂-armen konventionellen Energiequellen. Erstaunlich war, dass keine kritischen Stimmen (etwa vom BDI oder den EVUs) zu hören waren. Mein Erstaunen schwand mit dem vom BDI in einer Pressekampagne veröffentlichten energiepolitischen Appell „Mut und Realismus für Deutschlands Energiezukunft“ [28], veröffentlicht Ende August 2010. Von den fünf genannten Punkten sind nur der erste und letzte bemerkenswert, die drei anderen sind trivial und unstrittig. Punkt 1: „Die Zukunft gehört den Erneuerbaren“. Punkt 5: „Deutschland braucht weiter Kernenergie und Kohle“. Der Widerspruch beider Aussagen ist unverkennbar. Der Zusatz „zunächst“ oder „bis auf weiteres“ in dem letzten Punkt wäre sinnvoll gewesen. Denn es kann nur darum gehen, für welchen Zeitraum die „Brückentechnologie“ Kerntechnik noch genutzt wird. Schließlich ist soeben das Gutachten „Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung“, erstellt von Prognos, EWI und GWS, in einer Pressemitteilung am 30. August 2010 vorgestellt worden [29]. Darin werden neben

einem Referenzszenario („Trendfortschreibung“) acht Ziel-szenarien („mögliche energiewirtschaftliche Zukünfte“) beschrieben, letztere mit unterschiedlichen Restlaufzeiten für die Kernkraftwerke. Die wesentliche Aussage des Gutachtens lautet lapidar: Der Weg in das Zeitalter der erneuerbaren Energien ist bis zum Jahr 2050 möglich und gangbar. So viel Übereinstimmung gab es bisher nie! Das wäre eine wirkliche *Energie-Revolution*. Jedoch nicht in dem Sinne, wie es die Bundeskanzlerin Anfang September 2010 gemeint hat.

8 Herausforderungen für die Forschung

Aus dem Kreis von Wissenschaft und wissenschaftsnahen Einrichtungen möchte ich zwei Publikationen herausgreifen, die mir in besonderer Weise bemerkenswert erscheinen. Eine aus der Max-Planck-Gesellschaft (MPG), die der „reinen“ Wissenschaft verpflichtet ist. Die zweite Publikation hat eine starke Anwendungsorientierung, sie wurde verfasst von einem Konsortium bestehend aus der federführenden DECHEMA zusammen mit weiteren chemisch orientierten Organisationen.

Der Report der MPG trägt den anspruchsvollen Titel „Die Zukunft der Energie: Die Antwort der Wissenschaft“ [30]. Damit meint die MPG wohl nicht, dass es außerhalb der MPG keine Wissenschaft gäbe. In dem Report wird ein breites Themenfeld abgedeckt, das von verschiedenen Autoren sowohl in Breite als auch Tiefe abgehandelt wird. Bei der zweiten Publikation handelt es sich um ein Positionspapier mit dem Titel „Energieversorgung der Zukunft – der Beitrag der Chemie“ [31]. Dabei wird eine quantitative Potentialanalyse für die Bereitstellung, die Speicherung und die effiziente Nutzung von Energie vorgenommen. Auch hier haben namhafte Experten, diesmal aus Wissenschaft und Wirtschaft, ihre Erfahrungen eingebracht. Dadurch ist der Bericht eine Fundgrube für jene geworden, die belastbare Daten suchen. Das zeichnet auch andere Positionspapiere der DECHEMA aus.

9 Abschließende Bemerkungen

Ich beginne mit zwei Fragen. „Weiß die Wissenschaft, was wir für die Zukunft der Gesellschaft wissen müssen?“ [32]. Die Antwort darauf ist in der Regel einfach. Wir Ingenieure erforschen das, wofür es Drittmittel gibt. Also lautet die Frage, woher die Drittmittelgeber (DFG, AIF, BMBF, EC, Industrie...) wissen, was wir für die Zukunft der Gesellschaft wissen müssen. Zweite Frage: „Die Technik ist die Antwort, aber wie lautet eigentlich die Frage?“ [33]. Meine Empfehlung lautet, sich jeden Tag genau diese beiden Fragen zu stellen.

Abschließend ein Fazit in mehreren Variationen, holzschnittartig formuliert. Wir sollten uns über die Lebenslüge der Industriegesellschaft klar sein: Wir subventionieren unseren Wohlstand auf Kosten der Umwelt, der Mitwelt und der Nachwelt. Die Frage ist, ob wir unser ökologisches Kapital oder unser soziales Kapital rascher verbrauchen. Beides wird uns teuer zu stehen kommen. Eine Welt, in der die 20% Reichen immer reicher, immer weniger und immer älter werden, während die 80% Armen immer ärmer, immer mehr und immer jünger werden, kann politisch nicht stabil sein. Wir brauchen Entscheidungsträger mit Weitblick. Vor 500 Jahren hat Machiavelli Weitblick bewiesen, als er in seinem Hauptwerk „Der Fürst“ Anforderungen an die Herrschenden formulierte: „Es verhält sich damit so, wie die Ärzte von der Schwindsucht sagen: Sie ist im Anfangsstadium leicht zu heilen und schwer zu erkennen; ist sie aber fortgeschritten und hat man sie zu Beginn nicht erkannt und geheilt, dann ist es leicht, sie zu sehen, und schwer, sie zu heilen. So ist es auch in der Politik; denn hat man die Übel, die sich im Staat entwickeln, von weitem erkannt, was nur dem klugen Mann gegeben ist, so werden sie schnell beseitigt; wenn man sie aber, ohne sie verstanden zu haben, anwachsen lässt, bis ein jeder sie sieht, dann gibt es kein Heilmittel mehr.“ Das ist leicht formuliert aber schwer getan. Denn wie sagte Kant vor 200 Jahren: „Die Notwendigkeit zu entscheiden ist stets größer als das Maß der Erkenntnis.“

Vor rund 200 Jahren sagte Napoleon zu Goethe „Politik ist unser Schicksal“. Walther Rathenau, Gründer der AEG, formulierte vor etwa 100 Jahren „Wirtschaft ist unser Schicksal“. Unsere heutige Welt ist technologisch durchimpfprägnant wie nie zuvor in der Geschichte. Also sollten wir heute sagen „Technik ist unser Schicksal“. Daher müssen wir unsere Ausbildung in der geschilderten Weise verändern, denn „Wir brauchen Ingenieure mit mehr Weitblick“ [34].

Literatur

1. Jischa MF (2005) Herausforderung Zukunft–Technischer Fortschritt und Globalisierung. 2. Auflage. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg
2. Jones EL (1991) Das Wunder Europa. Mohr, Tübingen
3. Jischa MF (2004) Ingenieurwissenschaften. Reihe Studium der Umweltwissenschaften. Springer, Berlin
4. Meadows D et al (1973) Die Grenzen des Wachstums. Rowohlt, Reinbek
5. Carson R (1963) Der stumme Frühling. Beck, München
6. Global (2000) (1980) Der Bericht an den Präsidenten. Zweitausendeins, Frankfurt/Main
7. Hauff V (Hg.) (1987) Unsere gemeinsame Zukunft. Eggenkamp, Greven
8. BMU (1992) Agenda 21, Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung 1992. BMU, Bonn

9. Böhme G (1993) Am Ende des Baconschen Zeitalters. Suhrkamp, Frankfurt/Main
10. VCI (1994) Position der Chemischen Industrie. Verband der Chemischen Industrie, Frankfurt/Main
11. VDI (1991) Technikbewertung - Begriffe und Grundlagen. VDI Report 15, Düsseldorf
12. Lübke H (1994) Im Zug der Zeit. Springer, Berlin
13. Popper K (1987) Das Elend des Historizismus. Mohr, Tübingen
14. Miegel M (2002) Die deformierte Gesellschaft. Propyläen, Berlin
15. Miegel M (2005) Epochenwende. Propyläen, Berlin
16. Miegel M (2010) EXIT - Wohlstand ohne Wachstum. Propyläen, Berlin
17. Welzer H (2008) Klimakriege - Wofür im 21. Jahrhundert getötet wird, Fischer, Frankfurt/Main
18. Leggewie C, Welzer H (2009) Das Ende der Welt. wie wir sie kannten - Klima, Zukunft und die Chancen der Demokratie. Fischer, Frankfurt/Main
19. Welzer H (Hg.) (2010) KlimaKulturen: Soziale Wirklichkeiten im Klimawandel. Campus, Frankfurt/Main
20. VDI (1995) Ingenieurausbildung im Umbruch, Empfehlung des VDI für eine zukunftsorientierte Ingenieurqualifikation. VDI, Düsseldorf
21. Jischa M F (2010) Nachhaltigkeit in Lehre und Forschung in den Ingenieurwissenschaften. GAIA 19/1, S 37–39
22. Enquete-Kommission des 8. Deutschen Bundestages (1980) Zukünftige Kernenergiepolitik. Bonn
23. WBGU (2003) Welt im Wandel: Energiewende zur Nachhaltigkeit. Springer, Berlin
24. Desertec Foundation siehe <http://www.desertec.org/de/> und <http://www.clubofrome.de> sowie Desertec Industrial Initiative DII siehe <http://www.dii-eumena.com>
25. DLR (2002) Concentrating Solar Power now. Siehe <http://www.dlr.de/tt/>
26. H2 Mobility Initiative siehe <http://www.cleanpartnership.de>
27. SRU (2010) Stellungnahme: 100% erneuerbare Stromversorgung bis 2050: klimaverträglich, sicher, bezahlbar. Siehe <http://www.umweltrat.de>
28. Energiepolitischer Appell (2010) Mut und Realismus für Deutschlands Energiezukunft. Siehe <http://www.energiezukunft-fuer-deutschland.info>
29. Prognos, EWI, GWS (2010) Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung. Siehe <http://www.bmu.de>
30. Gruss P (Hg.) (2008) Die Zukunft der Energie: Die Antwort der Wissenschaft. Ein Report der Max-Planck-Gesellschaft. Beck, München
31. DECHEMA (2009) Positionspapier Energieversorgung der Zukunft - der Beitrag der Chemie. Eine quantitative Potenzialanalyse. Dechema, Frankfurt/Main, siehe <http://www.dechema.de>
32. Meyer-Abich KM (1988) Wissenschaft für die Zukunft. Hanser, München
33. Neiryneck J (1995) Der göttliche Ingenieur. Expert, Renningen
34. Jischa M F (1999) Standpunkt: Wir brauchen künftig Ingenieure mit mehr Weitblick. VDI-Nachrichten, 19. Nov. 2009, Nr. 46, S 2