

Wolfgang Fratzscher

Zu Risiken und Nebenwirkungen lesen Sie den Sicherheitsbericht oder fragen Sie ...

... den Technischen Überwachungsverein (TÜV) oder die Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GSR). So müsste der Satz vervollständigt werden, wenn man in der fachinternen Terminologie bleiben will.

1. Vorbemerkung

Im Folgenden wird versucht aufzuzeigen, in welcher Form die Gesellschaft auf ambivalente Einflüsse von energetischen Systemen reagiert hat. Die Aufgabe von energetischen Systemen ist die Bereitstellung von Arbeit, als mechanische oder elektrische Energie, als der Edelennergie, die sich vollständig in alle anderen Energieformen umwandeln lässt. Das geschieht derzeit in überwiegender Weise über die Zwischenenergieform Wärme. Damit verbunden können aber wesentliche Umweltbelastungen und Schäden sein, die eine Reaktion der Gesellschaft erfordern, wenn nicht eine völlige Abkehr oder das Verbot derartiger Entwicklungen ins Auge gefasst werden soll. Am Beispiel der Entwicklung der Wärmetechnik hat dies zur Gründung der Technischen Überwachungsvereine geführt, am Beispiel der Entwicklung der Kernenergie zur Gründung der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit mit entsprechenden juristischen Konsequenzen. Damit verbunden war auch die Herausbildung neuer technischer Disziplinen wie die Sicherheitstechnik und der Komplex der Technikfolgenabschätzung, die zu einem neuen Niveau der Sicherheitskultur geführt haben.

2. Ambivalenz und energetische Systeme

Dem Begriff Ambivalenz ist es ähnlich ergangen wie all den anderen Begriffen, die durch eine spezielle Anwendung, oft auch in Verbindung mit technischen Fragestellungen, einer Verengung und einseitigen Auslegung unterliegen. Er wird jetzt hauptsächlich für die Kennzeichnung von negativen

Folgen technischer Entwicklungen benutzt. An sich bedeutet er einfach Doppelwertigkeit oder allgemeiner Mehrwertigkeit. Das sagt aus, dass zur Beurteilung eines Sachverhaltes nicht nur ein Ziel sondern mindestens zwei, wenn nicht mehrere gleichwertig zu betrachten sind. So ist das z.B. mit dem Verkehr, der die zwei Wertigkeiten – Mobilität und Umweltbelastung – mit sich bringt. Aus einer einseitigen Sicht kann man zwischen dem Hauptziel und den Nebenwirkungen unterscheiden. Bleiben die letzteren unter einem Grenzwert, dann kann das umgebende System in einer Art Selbstheilungsprozess diese Nebenwirkungen auffangen und es reicht demnach eine eindimensionale Betrachtung und Bewertung aus. Liegt dagegen die Nebenwirkung über einem solchen Grenzwert, so ist eben eine zweidimensionale oder ambivalente Betrachtung und Einschätzung erforderlich.

Das ist aber eine allgemeine und in der Technik häufige Aufgabenstellung. Als allgemeines Beispiel hierfür sollen die Energieverluste eines Systems gelten. Eine Verringerung der Energieverluste vermindert den gesamten energetischen Aufwand, ist also eine erstrebenswerte Zielsetzung. Nun ist aber eine Verminderung der Energieverluste immer möglich durch eine Erhöhung des apparativen und anlagentechnischen Aufwandes. Wenn es gelingt diese beiden Aufwandsarten in einem einheitlichen Maßstab abzubilden, kann diese ambivalente Wirkung der Energieverluste quantifiziert werden. In diesem Fall gelingt dies unter Benutzug der Kosten, die dann die anzustrebende Lösung als das Optimum der beiden Kostenarten kennzeichnet.

Verallgemeinert kann festgestellt werden, dass für den Fall der Notwendigkeit von ambivalenten Betrachtungen zwischen den verschiedenen Wertigkeiten ein Kompromiss zu suchen ist.

Das gilt für alle technischen Systeme. Energetische Systeme, insbesondere wenn sie durch die Umwandlung von Wärmeenergie in Arbeit charakterisiert sind, eignen sich in besonderer Weise zur Illustration dieser Zusammenhänge wegen ihrer großen gesellschaftlichen Bedeutung. Diese resultiert aus folgenden Tatsachen:

- Die Quantitäten der fossilen Energieträger liegen um 1 bis 2 Größenordnungen in der Tonnage des jährlichen Verbrauches über den anderen volkswirtschaftlich gehandelten Stoffen. In dieser Größenordnung liegt nur noch Getreide (vgl. Fratzscher/Stephan 2000).
- Es gibt eine ungleiche Verteilung der Energierohstoffe auf der Erde. Das ermöglicht einerseits ihre wirtschaftliche Gewinnung, erzeugt aber andererseits Spannungen hinsichtlich der Zugriffsmöglichkeiten von Staaten

und Nationen.

- Substitutionsmöglichkeit der Energie, die naturgesetzlich sehr vielseitiger als die von Stoffprodukten ist. Heute steht dahinter die Konkurrenz zwischen Einkommens- und Vermögensenergien.
- Größe der Anlagen, in diesem Fall der Kraftwerke z.B. auf Braunkohlenbasis wie Lippendorf oder auf Kernenergiebasis wie Philippsburg, die regional prägend sind.
- In der Dimension der Ausfallkosten bei den Energieanwendern, z.B. der Industrie.

Am Rande sei vermerkt, dass bei den Wärmekraftwerken heute die Kühltürme die dominierenden Bauwerke sind. Sie dienen dem nach den II. Hauptsatz der Thermodynamik notwendigen Entropieexport und sind nicht primär für die Umweltbelastung verantwortlich.

3. Kompromisse bei Wärmekraftwerken

Im Folgenden wird mit zwei Beispielen gezeigt, wie die Gesellschaft zu Kompromissen bei Wärmekraftwerken gelangen kann, bei denen die ambivalenten Auswirkungen – Energieerzeugung auf der einen Seite und Umweltbelastung und -gefährdung andererseits – zu berücksichtigen sind.

Das erste Beispiel betrifft die konventionelle Wärmetechnik. Man wusste schon relativ frühzeitig, dass der Wirkungsgrad des Dampfmaschinenprozesses von der Temperatur des Frischdampfes abhängt. Die Eigenschaften des Wasserdampfes erfordern mit einer Erhöhung der Frischdampf Temperatur auch eine Zunahme des Frischdampfdruckes. Das wirkt sich vordergründig im Dampfkessel auf die Konstruktion aus. Die Volumenvergrößerung bei der Verdampfung um das Tausendfache bringt eine entsprechende Belastung der Großwasserraumkessel, gewöhnlich Flammrohrkessel, mit sich, die den Leistungen der Fertigungstechnik damals nicht gewachsen war. Es kam zu Dampfkesselexplosionen mit verheerenden Auswirkungen. Dem zu entgegen wurde 1866 der Dampfkessel-Überwachungsverein gegründet, der Konstruktionsrichtlinien und Sicherheitsmaßnahmen festlegte und befugt war, deren Einhaltung zu kontrollieren. Tabelle 1 zeigt die Erfolgsbilanz dieser Gründung. Es konnten die Anzahl der Dampfkesselexplosionen mit entsprechenden Verlustzahlen nahezu konstant gehalten werden, obwohl z.B. die Zahl der Dampfkessel von etwa 60.000 im Jahre 1879 auf 140.000 im Jahre 1899 zugenommen hatte. Aus dem Dampfkessel-Überwachungsverein wurden später die Technischen Überwachungsvereine – TÜV –, die durch die Übernahme von einer Vielzahl von weiteren Überwachungsaufgaben zu Un-

ternehmen mit derzeit Milliardenumsätzen herangewachsen sind. Vermerkt sei, dass an dieser Entwicklung die chemische Industrie nicht nur durch ihre eigenen Industriekraftwerke, sondern insbesondere durch die Entwicklung der Hochdrucksynthesen einen maßgeblichen Einfluss hatte.

Jahr	Anzahl der Dampfkessel- explosionen	Hierbei verunglückte Personen	Jahr	Anzahl der Dampfkessel- explosionen	Hierbei verunglückte Personen
1879	18	78	1892	18	41
1880	20	29	1893	10	21
1885	13	22	1894	35	34
1886	16	23	1895	23	74
1887	14	83	1896	21	25
1888	15	11	1897	21	39
1889	16	28	1898	18	31
1890	16	21	1899	14	35
1891	10	19	1900	13	24

Tabelle 1: Dampfkesselexplosionen

Quelle: Lexikon 1906, S. 453

Für die Entwicklung der Technik insgesamt ist wesentlich, dass damit die Herausbildung neuer technischer Teildisziplinen verbunden war, in diesem Fall die Sicherheitstechnik. Sie ist nicht nur gekennzeichnet durch eigenständige Methoden, sondern auch durch ein eigenständiges Gegenstandsinstrumentarium, deren symbolhafter Vertreter das Sicherheitsventil sein kann.

Das zweite Beispiel betrifft die Entwicklung der Kernenergetik. Diese war von vornherein belastet durch die Atombombenabwürfe auf Hiroshima und Nagasaki, die sowohl die große spezifische Energieleistung wie auch die verheerende Umweltbelastung mit der radioaktiven Strahlung und hunderttausenden Toten der Welt vor Augen gebracht hatte. Diese Tatsachen belasteten die friedliche Nutzung der Kernenergie schwer. Da die friedliche Nutzung der Kernenergie auch über den Dampfmaschinenprozess erfolgte, waren mit der Anwendung der Kernenergie die folgenden Gefährdungen verbunden:

- Auswirkungen der potenziellen Energie des Wassers. Da diese aus Entwicklungen der konventionellen Wärmetechnik bekannt waren, konnten für erforderliche Sicherungsmaßnahmen von dort Erfahrungen übernom-

men werden (TÜV).

- Entstehung der Kritikalität als eine prinzipiell neue Gefährdung. Es darf auf keinen Fall, auch bei Störfällen nicht, zur Ausbildung einer kritischen Anordnung kommen, da diese sofort zur ungesteuerten Kettenreaktion, d.h. zur Kernexplosion, führen würde. Bei reinem U-235 ist die Kritikalität gegeben mit einer Kugel von 38 cm Durchmesser. Entgegnetreten kann man durch geeignete konstruktive Maßnahmen. Ein Sonderfall ist das Auftreten einer Kernschmelze, da durch Phasenänderung andere geometrische und auch physikalische Bedingungen gegeben sein können.
- Radioaktivität, die Strahlenschäden somatischer, aber auch genetischer Art hervorrufen kann. Dem kann durch die Standortwahl, aber vor allem durch den Einbau von Barrieren entgegengewirkt werden. Im Kraftwerk wird eine gesamte Hierarchie von Barrieren aufgebaut, deren letzte Stufe als zentrale Einrichtung das Containment ist. Das Containment ist ein gasdichtes Umschließungsbauwerk, das alle aktiven Teile des Kraftwerkes umfasst.

Für den Betrieb des Kernkraftwerkes, einschließlich der Beherrschung von Störfällen, ist die Leittechnik von entscheidender Bedeutung. Früher war sie durch die analoge Messtechnik gekennzeichnet, heute ist sie weitgehend digital orientiert. Dabei ist eine Unsumme von Messdaten und Sensorenangaben zu verarbeiten. Man vertritt heute das 30-Minuten-Konzept, das besagt, dass alle in der ersten halben Stunde nach einem Störfall zu treffenden Entscheidungen automatisch, d.h. ohne Eingriff des Menschen, gefällt werden müssen. Erst danach kann das Bedienungspersonal eigenständige Entscheidungen in die Prozessführung einbringen.

Wie ist es zu derartigen Konzepten und Vorschlägen für die Errichtung und den Betrieb von Kernkraftwerken gekommen? Man fordert vom Projektanten eines Kernkraftwerkes einen sogenannten Sicherheitsbericht, dessen Endergebnis die Beschreibung des GAU – des größten anzunehmenden Unfalls – ist, und den Nachweis, dass es sich tatsächlich bei der Beschreibung um den größten anzunehmenden Unfall handelt. Weiterhin wird die Beschreibung von Maßnahmen und Einrichtungen gefordert, die eine Gefährdung der Umgebung für diesen Fall ausschließen. Der Sicherheitsbericht enthält deshalb neben einer Beschreibung der Anlage die erforderlichen Angaben für die sicherheitstechnische Beherrschung des Normalbetriebes und die Beschreibung von schwerwiegenden Störfällen bis hin zum GAU. Eine Inhaltsangabe des Sicherheitsberichts zeigt Abbildung 1.

1. Beschreibung der Anlage
2. Darlegung der sicherheitstechnischen Maßnahmen für den Normalbetrieb
3. Unfallanalyse und Darlegung der sicherheitstechnischen Maßnahmen gegen mögliche und denkbare Unfälle
 - Ausfall der Kühlung
 - Ausfall des Kühlmitteltransports
 - Ausfall der Regelung
 - Unfälle durch Reaktivitätsänderungen
 - Austritt radioaktiver Stoffe
 - Größter Anzunehmender Unfall

Abbildung 1: Gliederung des Sicherheitsberichts

Quelle: Archiv des Autors

Das Wesentliche der Aussagen des Sicherheitsberichtes besteht darin, dass nicht nur Angaben zur Störfallvermeidung gemacht wurden, sondern auch solche zur Störfallbeherrschung. Es wird also eine fehlerverzeihende Technik angestrebt. Für die Überprüfung und Einhaltung der hierfür erforderlichen Maßnahmen ist in Deutschland die Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) verantwortlich, die für kernenergetische Anlagen neben dem TÜV wirksam werden muss.

Dieses Vorgehen hat zu einer neuen Sicherheitsphilosophie und damit zu einer neuen Sicherheitskultur geführt. So werden zur Beschreibung von Störfällen und deren Beherrschung nicht mehr einzelne denkbare Prozessabläufe verfolgt, sondern Belastungen postuliert, die aus Grenzwertsituationen abgeleitet werden, wie z.B. dem plötzlichen Abriss der Hauptumwälzleitung oder dem schlagartigen Ausgleich des Inhaltes von Anlagen mit ihrer Umgebung nach einer Zerstörung u.ä. Im weitesten Sinn hat ein solches Vorgehen zu technischen und wissenschaftlichen Entwicklungen geführt, die heute unter der Überschrift „Technikfolgenabschätzung“ zusammengefasst werden.

Ein Sonderproblem scheint die Endlagerung der abgebrannten Brennelemente von Kernkraftwerken zu sein, zumindest in Deutschland. Die hier in der Fachwelt vertretene Meinung war die Einlagerung in Salzformationen, die in erdbebensicheren Gegenden liegen und durch Tonschichten nach oben gegen mögliche Wasserbewegungen abgedichtet sind. Derartige Endlager werden in Amerika seit Jahren für die Einlagerung insbesondere militärischer Abfälle genutzt. In Deutschland ist die weitere Untersuchung des hierfür vorgesehenen Salzstock Gorleben seit zehn Jahren verboten. Verboten ist weiter die Auseinandersetzung um die Wiederaufbereitung abgebrannter Brennelemente zur Abtrennung spaltbaren Materials für Schnelle Brüter und damit

verbunden um eine wesentliche Volumens- und Massenverminderung der einzulagernden Endprodukte. Auch wird hierzulande wohl unzureichend über Technologien nachgedacht, die durch Kernreaktionen zu einer Verminderung der radioaktiven Strahlung führen könnten.

Die Leistungsfähigkeit des Sicherheitskonzeptes nach den aufgezeigten Überlegungen lässt sich durch die beiden bisher größten Reaktorunfälle in der Geschichte der Kernenergetik veranschaulichen. Eine Kernschmelze in Three-Mile-Island hat zwar zur Zerstörung der Anlage geführt, aber zu keiner Belastung der Umgebung. Das Containment hat eine Verbreitung von radioaktivem Material unterbunden. Dagegen ist der Unfall von Tschernobyl als die bisher größte Katastrophe der Kernenergetik einzuschätzen, da es nach einer Kernexplosion zum Austrag von erheblichen Teilen des radioaktiven Inventars mit entsprechenden Belastungen der Umgebung gekommen ist.

Der Reaktor in Tschernobyl ist ein Druckröhrenreaktor im Gegensatz zu den Druckkesselreaktoren vom Typ der Druck- und Siedewasserreaktoren. Bei der konventionellen Wärmetechnik war der Übergang vom Druckkesseltyp zum Druckröhrentyp mit einer Verminderung des Gefährdungspotentials verbunden, bei Kernkraftwerken ist das Gegenteil der Fall. Der Druckröhrenreaktor ist sehr groß – die aktive Zone von Tschernobyl hat 7 m Durchmesser und 7 m Höhe –, und für diesen Typ ist kein Containment vorgesehen. Das ist in der anderen Sicherheitsphilosophie der Sowjetunion begründet. Man ging von maximal geringeren Belastungen im Störfall aus, und es wurde auch die Sinnfälligkeit des Sicherheitsberichtes bezweifelt. Tschernobyl hat diese Annahmen ad absurdum geführt. Es werden auch keine neuen Kernkraftwerke dieses Typs in Russland errichtet.

4. Gesellschaftliche Einflüsse

Ambivalenzen bei technischen Systemen entstehen auch durch den Einfluss der Arbeitskraft. Das gilt für alle technischen Systeme, nimmt aber bei energietechnischen Systemen einige spezifische Gesichtspunkte an. Deshalb sollen im Folgenden einige Überlegungen hierzu angestellt werden.

Der Einfluss der Arbeitskraft kommt in technischen Systemen in der Arbeitsorganisation und im Arbeitsschutz zum Ausdruck. Das hat zu den Arbeitswissenschaften geführt, innerhalb deren auch das Arbeitsingenieurwesen eingeordnet ist. Die Arbeitskraft brachte zunächst Wechselwirkungen zum Naturschutz mit sich, der gegen Ende des 19. Jh.s aus häufig romantischen Grundvorstellungen entstanden war und sich gesellschaftlich etabliert hatte. Von dort aus ist es in Verbindung zu technisch-technologischen Systeme

men nicht weit zum Umweltschutz, der sich im 20. Jh. herausgebildet hatte. Das führte schließlich zur Umweltschutztechnik als eine eigenständiger Disziplin mit eigenen Methoden und einem eigenständigen technischen Inventar. Charakteristisch hierfür sind die Schutzmaßnahmen zur Reinhaltung der Luft, des Wassers und des Bodens und zunehmend der Schutz vor Lärm. Hierzu werden, genau so wie beim Arbeitsschutz, Grenzwerte und Randbedingungen festgelegt, deren Einhaltung Grundlage für die Betriebsgenehmigung der jeweiligen Anlagen ist. Diese Grenzwerte sind aus der Erfahrung abgeleitet oder über theoretische Konstruktionen entstanden. Sie sind als Sicherheitszuschläge oder auch sinnvolle Redundanzen aufzufassen und berücksichtigen, dass in technischen Systemen sowohl technisches Versagen als auch menschliches Fehlverhalten zu Störfällen führen kann. Gegenwärtig zeigen viele Beispiele, dass derartige Grenzwerte unterlaufen werden. Das ist zunächst entwicklungsbedingt, da mit dem ständig zunehmenden Erkenntnisstand eine Reduzierung der Grenzwerte möglich erscheint und damit eine „schärfere“ Auslegung der technischen Systeme erfolgt. Das macht wiederum ganzheitliche Systembetrachtungen erforderlich, die häufig nicht in dem notwendigen Maße durchgeführt werden. Ein besonderes Kapitel ist die vorbeugende Instandhaltung, bei der die vorgegebenen Grenzwerte aus ökonomischen Gründen nicht eingehalten werden. Die Bahn AG hat hierzu in der letzten Zeit einige Beispiele geliefert.

Es gilt aber festzustellen, dass eine absolute Sicherheit theoretisch nicht erreicht werden kann. So führen natürliche Einflüsse bis hin zu Naturkatastrophen immer wieder zu Fragen, ob die vorliegenden Grenzwerte ausreichend derartige Einflüsse berücksichtigen. Es sei nur an Sylvester 1978/79 erinnert, nach dem gefordert wurde, die tiefste Auslegungstemperatur für bestimmte technische Systeme von -15°C auf -30°C abzusenken. Oder die Diskussion um die Klimaanlage in den ICE-Zügen, die nach dem Sommer 2010 dazu führte zu fordern, dass die maximale Auslegungstemperatur der Klimaanlage von derzeit $+32^{\circ}\text{C}$ auf nach und nach $+45^{\circ}\text{C}$ festzulegen sei. Technisch kann derartigen Forderungen natürlich Rechnung getragen werden. Es ist nur zu berücksichtigen, dass sie gewöhnlich mit erheblichen ökonomischen Aufwendungen verbunden sind. In diesem Zusammenhang ist an ein Wort von Immanuel Kant zu erinnern, das er in Verbindung mit dem verheerenden Erdbeben von Lissabon 1755 ausgesprochen hat: „Der Mensch muss sich in die Natur schicken“. Die Erde ist eben ein dynamischer Planet.

Ein weiteres Problem, das zu Risiken führt, ist der Terrorismus. Das ist aber ausschließlich ein gesellschaftliches Problem, das an dieser Stelle nicht weiter verfolgt werden soll.

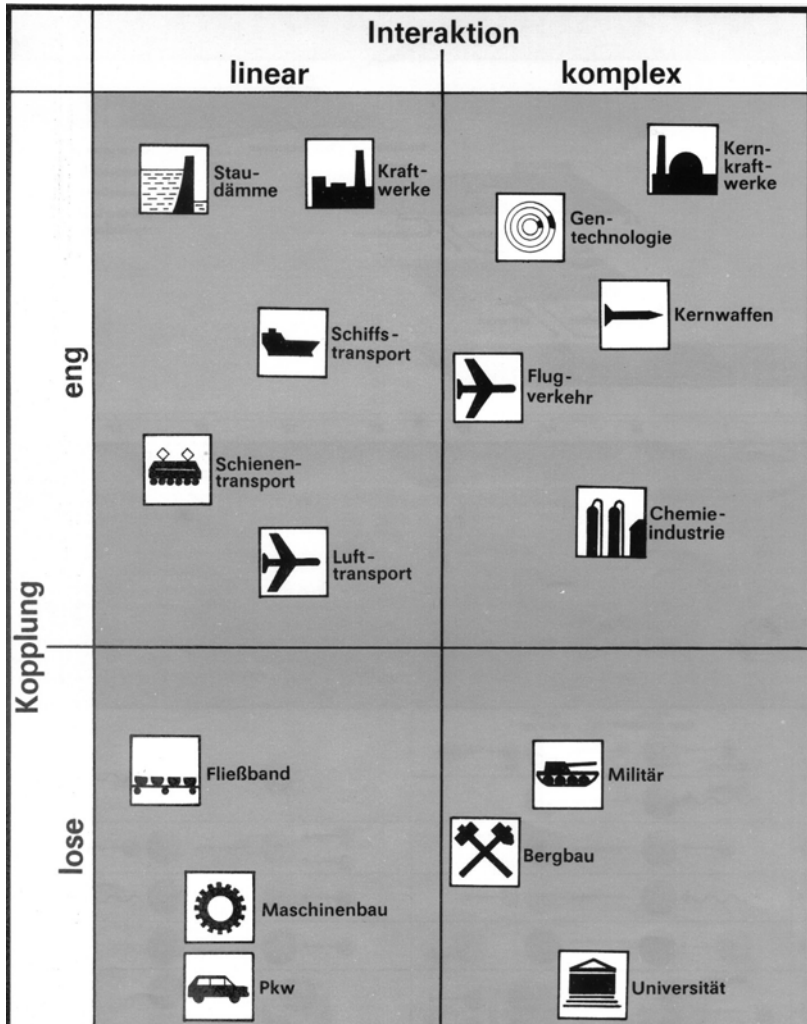


Abbildung 2: Gesellschaftlich empfundene Gefährdungspotenziale von Technologien
 Quelle: verändert nach Perrow 1989, S. 138

Die Menschheit muss mit Risiken leben. Zur weiteren Aufhellung dieses Problems hat die Arbeitspsychologie die Unterscheidung zwischen objektiver und sozialer Rationalität vorgeschlagen (vgl. Perrow 1989). Unter objektiver Rationalität versteht man im vorliegenden Zusammenhang die Aussagen zu Risiken, die z.B. mit Hilfe von Zuverlässigkeitsanalysen gewonnen wurden, deren Grundlagen entsprechende statistische Angaben über Ausfallraten sind. Die soziale Rationalität legt die Empfindungen der Menschen zugrunde. Dabei wird offensichtlich, dass die persönlichen und öffentlichen Bedürfnisse unterschiedlich gewichtet werden. Das zeigt sich z.B. an der Einstellung zum Autoverkehr und dem Rauchen einerseits und der Einstellung zu Kernkraftwerken und Gentechnik andererseits. Mit den Begriffen Kopplung, die eine Zeitgebundenheit der Ereignisse zum Ausdruck bringen soll, und Komplexität, die auf mögliche Interaktionen hinweisen soll, ist eine grobe Einschätzung von industriellen und gesellschaftlichen Objekten vorgenommen worden mit dem gezeigten Ergebnis (siehe Abbildung 2). Die Angaben gehen offensichtlich mit bekannten Zielen der Protestbewegung in Deutschland konform. Bei der Einstellung zur Kerntechnik wird argumentiert, dass sie von der Industrie abhängig und ihr deshalb nicht zu trauen sei.

5. Konsequenzen

Welche Konsequenzen sollen aus den ambivalenten Wirkungen großer energetischer Systeme gezogen werden?

Von fundamentalistischer Position wird schnell der Abbruch der entsprechenden Entwicklungen, das Verbot gefordert. So wird z.B. eingeschätzt, dass bis zum Jahre 2020 ca. 40 GW an Kraftwerksleistung zu ersetzen ist. Das sind fast 50% der derzeitigen Engpassleistung. Unter diesem Aspekt sind 37 Projekte derzeit in der Diskussion. Ganze neun Projekte befinden sich in der Bauphase. Das ist bei den langen Bauphasen von Wärmekraftwerken schon eine besorgniserregende Situation. Dagegen muss sich die Gesellschaft den ambivalenten Auswirkungen stellen, z.B. mit dem Aus- und Aufbau von entsprechenden Institutionen wie dem TÜV oder der GSR mit den zugehörigen juristischen Verantwortlichkeiten. Das gilt auch, wenn sich die zu verfolgenden Auswirkungen technisch-technologischer Systeme in der Gesellschaft nicht nur ambivalent, sondern polyvalent bemerkbar machen. Der anzustrebende Kompromiss zwischen den verschiedenen Einflüssen ist dann durch eine Art Polyoptimierung, z.B. mit Pattern-Methoden, zu bestimmen.

Das erfordert natürlich ein bestimmtes Niveau und Verständnis in der Gesellschaft. Das ist nur durch Aufklärung zu erzielen und setzt ein bestimmtes Bildungsniveau voraus. Denn die Aufgabe der menschlichen Gesellschaft – bei der noch immer anwachsenden Bevölkerungszahl auf der Erde und den nicht absehbaren qualitativen Bedürfnissen – ist anzustreben, diese Bedürfnisse durch technische Systeme und mit den Mitteln und Möglichkeiten, die heute zur Verfügung stehen, bestmöglichst und auf menschenwürdige Art und Weise zu befriedigen. Hubert Markl hat dies einmal aus christlicher Sicht so ausgedrückt: „Mir kann kein Gottverständnis einleuchten, das nicht zualtererst anerkennt, dass der Mensch ein Wesen mit Fähigkeit und Pflicht zur selbstverantwortlichen Lenkung der eigenen Geschicke ist, mit jener Einsichtsfähigkeit, jenem Erfindungsreichtum und jener Willenskraft, die es ihm erlaubte, sich über Jahrhunderttausende hinweg immer mehr von den Schicksalszwängen der Natur zu befreien. Dies genau sind die Eigenschaften, die ihn zu Wissenschaft, Forschung und technischer Erfindungsgabe befähigen, und deshalb ist die Notwendigkeit und Freiheit der Erkenntnissuche zur Bewältigung seiner Lebensprobleme durch Forschung und Entwicklung neuer Erfindungen nicht Ausdruck der Fortschrittshybris verblendeter Wissenschaftler, sondern unverzichtbarer Teil unserer Menschlichkeit und Menschenwürde“ (Markl 2002, S. 54).

Literatur

- Fratzscher, W.; Stephan, K. (Hg.) (2000): Strategien zur Abfallenergieverwertung. Wiesbaden
- Lexikon (1906): Dampfkesselexplosion. In: Meyers Großes Konversations-Lexikon. 6. Aufl. Bd. 4. Leipzig, S. 452-453
- Perrow, Ch. (1989): Normale Katastrophen. Über die Risiken der Großtechnik. Frankfurt am Main/New York
- Markl, H. (2002): Schöner neuer Mensch? München