Günter von Sengbusch

Kernenergie – eine Technik mit Zukunft ?*

1. Einleitung

Es ist für mich eine große Freude und Herausforderung, vor diesem Kreise zum Thema Kernenergie vortragen zu dürfen. Ich habe das Thema „Kernenergie – eine Technik mit Zukunft" gewählt, da ich als Verantwortlicher für einen Forschungsreaktor selbst von dieser Fragestellung betroffen bin. Außerdem grenzt das Forschungszentrum, das ich leite, an das Gelände des umstrittenen Kernkraftwerkes „KK-Krümmel", mit dessen Problemen bis hin zu Demonstrationen, Belagerungen, Polizeieinsätzen, Leukämiediskussion, Leukämie- und Expertenkommissionen, Castortransporten, Bürgerinitiativen und Bürgerdiskussionsforen ich fast täglich konfrontiert werde. Wie schon in der Einführung erwähnt, habe ich zwar Physik mit Spezialisierung Kernphysik studiert, diesem Feld aber bereits direkt nach dem Diplom den Rücken gekehrt, um mich der Biophysik und später der Biomedizintechnik zuzuwenden. Mit der Übernahme der Leitungsfunktion in der GKSS wurde ich verantwortlich für eine kerntechnische Anlage – daher also mein Interesse und mein Engagement.

Persönliches Empfinden eines unverstandenen Phämonens, politische Wertungen und Nutzung für Wählerstimmen, moralisch-ethische Bewertungen, ideologische Mobilisierung und Meinungsbildung, Freund- und Feindbilder und Umwelt- und Klimafragen beeinflussen heute und werden auch weiterhin die Zukunft der Kerntechnik stärker beeinflussen als technologisch wirtschaftliche Überlegungen. Die Windenergie wird heute bei einem Einspeisepreis von 17 Pfennigen pro kWh mit etwa 400% vom Verbraucher qua Gesetz subventioniert, denn mit Kernenergie oder Gas wird die kWh für weniger als 4 Pfennige hergestellt. Diese gesetzlich ge-

* Vortrag, gehalten im Plenum der Leibniz-Sozietät am 18. Dezember 1997

regelte Subvention ist sogar noch höher als die für die Steinkohle an der Ruhr, die bei einem Weltmarktpreis von ca. DM 90 pro Tonne und einem Produktionspreis in Deutschland ca. DM 270 pro Tonne mit etwa 300% subventioniert wird.

2. Rückblick

Um die Situation, in der wir heute stehen, besser verstehen zu können, ist es ratsam, einen Moment in die Gründerzeit der Kerntechnik zurückzublicken.

Volkswirtschaftlich erfolgreiche Staaten basieren ihr Wirtschaftssystem – zumindest aus der Sicht eines simplen Experimentalphysikers – auf drei Säulen:

- Auf- und Ausbau eines funktionierenden Transportsystems
- Auf- und Ausbau eines flächendeckenden Kommunikationssystems und last but not least
- Verfügbarkeit von Energie als Schlüsselfaktor für die industrielle Entwicklung und den persönlichen Komfort

In den 50-er Jahren war es offensichtlich, daß die Verfügbarkeit von Energie für den rasanten Wiederaufbau der deutschen Wirtschaft nach dem Kriege sich zu einem kritischen Erfolgsfaktor für die langfristige Absicherung der Zukunft des Landes entwickelte.

Niemand wagte damals vorauszusagen, daß wir am Anfang einer jahrzehntelangen Phase eines weltweiten freien Handels standen. Die Eigenversorgung und stärkere Unabhängigkeit vom Weltmarkt war daher ein Gebot der Stunde, denn schon damals war sicher, daß die eigenen Kohle-Reserven langfristig nicht ausreichen würden und Öl und Gas im Lande nicht verfügbar waren.

Die Kernenergie bot sich als Alternative an, auch wenn der Rohstoff Uran selbst in Deutschland nur in der damaligen DDR verfügbar war. Langfristige Verträge mit den USA sicherten den Zugang, und die Option des Brutreaktors vermittelte die Perspektive, in der Energieversorgung unabhängig von externen Faktoren zu werden. Sowohl die Ölkrise in den 70-er Jahren als auch der Krieg um Kuwait und die Situation im vorderen

Orient haben deutlich gezeigt, wie labil die langfristige Energieversorgung der Industriestaaten in der Vergangenheit war und wohl auch weiterhin bleiben wird.

Der Ölschock in den 70-er Jahren rechtfertigte und bestätigte die Weichenstellung in Richtung Kernenergie, die in den 50-er Jahren getroffen worden war, und forcierte und beflügelte die Entwicklung des sogenannten Brutreaktors, der während des Betriebes als Energielieferant gleichzeitig Plutonium als neuen Brennstoff in fast unbegrenzter Menge herstellen konnte. Eine Art Perpetuum Mobile, das allerdings nur gespeist wurde durch die ungeheuren Energiemengen, die bei Kernreaktionen freigesetzt werden und zur Verwertung zur Verfügung stehen. Eine Technologie nicht ohne Aspekte von Gigantomanie, Selbstherrlichkeit und ungebremstem Vertrauen in die Beherrschbarkeit geballter Energie auf kleinstem Raum verbunden mit dem Potential globaler Wirkungen bei Mißbrauch, unkontrollierter Handhabung, krimineller Absicht oder auch einfach menschlichem Versagen.

Wir wissen heute, daß die technologischen Voraussetzungen für den Brutreaktor lösbar sind, wenn auch noch nicht in allen Einzelheiten zufriedenstellend umgesetzt. Kalkar wurde zu einem Symbol für menschlichen Hochmut und Fehleinschätzung der öffentlichen Akzeptanz. Der „unvollendete" Brutreaktor teilt damit das Schicksal manch einer „unvollendeten" Schloßruine vergangener Jahrhunderte, denn noch während der Bauzeit veränderten sich gesellschaftliche, finanzielle und politische Voraussetzungen und den Nachkommen wurde ein Mahnmal der Geschichte hinterlassen, das nach derzeitigen Plänen als Freizeitzentrum genutzt werden soll.

3. Stromerzeugung in Deutschland

Im Jahre 1992 wurden in Deutschland 460 Mrd kWh Strom produziert, davon ca. 1/3, also ca. 150 Mrd kWh, mit Hilfe der Kernenergie. Geht man von einer Verfügbarkeit von Kernkraftwerken von 90% aus, so entspricht dies einer Kraftwerks-Leistung von 19.000 MW oder – anders ausgedrückt – 15 Kraftwerken des Typs „Krümmel", einem Leichtwasserkraftwerk vor den Toren Hamburgs.

Der Investitionswert von 15 Kernkraftwerken, die in der Lage sind, pro Jahr 150 Mrd. kWh zu erzeugen, beträgt etwa 75 Mrd. DM und man kann mit den heutigen Erfahrungen davon ausgehen, daß die Lebensdauer mindestens 35 Jahre beträgt.

150 Mrd. kWh entsprechen aber auch 100.000 Windmühlen mit einer Leistung von je 500 kW, eine realistische Zahl bei der heute verfügbaren Technologie, bei einer Verfügbarkeit von 3.000 Vollaststunden pro Jahr [1], denn Wind weht nicht kontinuierlich und oft nicht dann, wenn die erzeugte Energie gebraucht wird. Daher muß für die Windstille Ersatz aus anderen Energiequellen in gleicher Höhe zur Verfügung stehen, oder aber man müßte auf Produktion, Heizung, Versorgung und persönlichen Komfort in dieser Zeit verzichten. Geht man davon aus, daß eine Windmühle nach heutigem Stand der Technik mit einer Leistung von 500 kW ca. 1 Mio DM kostet, dann beträgt der Investitionswert für 100.000 Windmühlen insgesamt etwa 100 Mrd. DM, also dieselbe Größenordung wie die entsprechende Leistung mit Kernkraftwerken. Ein wesentlicher Unterschied liegt aber darin, daß die Lebensdauer für Windkraftwerke nach dem Stand der Technik nicht 35 Jahre, sondern bestenfalls 8 bis 10 Jahre beträgt, so daß die Investitionskosten für Windenergie mit einem Faktor 3 bis 4 zu multiplizieren sind und damit in 35 Jahren auf weit über 250 Mrd. DM auflaufen dürfte. Hinzu kommen die außerdem bereitzustellende konventionelle Ersatzenergie in Gas- oder Kohlekraftwerken und 100.000 ha Landbedarf entsprechend 1.000 km^2 oder einer Reihe von Windmühlen mit der Länge von 10.000 km bei einem Abstand von 100 Metern.

4. Grundlagen

Da im Rahmen früherer Vorträge bereits mehrfach auf die Grundlagen der Kerntechnik eingegangen wurde [2], möchte ich an dieser Stelle nur kurz auf die in diesem Zusammenhang wichtigen Reaktortypen zu sprechen kommen. Das Prinzip der Kernreaktoren beruht darauf, daß statt konventioneller Energiequellen wie Gas, Öl oder Kohle diejenige Energie verwendet wird, die bei der Kernspaltung von Uran durch den Beschuß mit Neutronen in zwei Kerne mittlerer Massenzahl, z.B. in einen Barium- und einen Kryptonkern freigesetzt wird. Die dabei frei werdende Energie wird

an ein Kühlmedium, meist Wasser oder Helium, abgegeben und steht damit für eine weitere Verwendung zur Verfügung. Die Wärme wird, wie auch in anderen Kraftwerken, direkt oder indirekt zur Dampferzeugung genutzt, um mit dem so erzeugten Dampf leistungsstarke Generatoren zu Herstellung von Strom zu betreiben. Kernreaktoren unterscheiden sich von konventionellen Kraftwerken durch eine sehr hohe potentiell freisetzbare Energiedichte in den Uranbrennstäben und die damit verbundene Gefahr einer unkontrollierten Kettenreaktion bei der Uranspaltung.

In Deutschland wurden im wesentlichen drei verschiedene Reaktortypen entwickelt:

1. Die Anordnung eines Siedewasserreaktors ist vergleichbar mit einem Tauchsieder in einem Dampfdrucktopf. In einem partiell mit Wasser gefüllten Reaktordruckbehälter sind die Uranbrennstäbe unter Wasser liegend angeordnet und geben die bei der Kernspaltung entstehende Wärme an das umliegende Wasser ab. Dabei verdampft das Wasser und mit dem so erzeugten Dampf werden direkt Turbinen für die Stromerzeugung betrieben. Um eine genügend hohe Dampftemperatur zu erreichen, beträgt der Innendruck im Reaktordruckbehälter etwa 60 bar, was dem Druck in 600 Meter Wassertiefe entspricht.
2. Beim Druckwasserreaktor, beträgt der Innendruck des Reaktorbehälters etwa 150 bar, was einem Druck in 1500 Meter Wassertiefe entspricht. Bei diesem Druck und ca. 300°C verdampft das Wasser im Reaktorbehälter nicht, sondern bleibt in der flüssigen Phase. Die Wärme wird über einen Wärmetauscher von einem zweiten Kreislauf übernommen, in dem der Dampf für die Turbinen erzeugt wird. Dieser Reaktortyp unterscheidet sich vom Siedewasserreaktor im wesentlichen durch einen höheren Betriebsdruck und damit eine höhere Betriebstemperatur und damit verbunden einen zweiten Kreislauf zur Dampferzeugung.
3. Der Hochtemperatur- (HTR) oder auch Kugelhaufenreaktor zeichnet sich durch eine grundlegend andere Konstruktion aus. Das Uran ist in Graphitkugeln eingelagert und als Kühlmittel wird nicht Wasser, sondern Heliumgas verwendet. Der Reaktor arbeitet bei einem Betriebsdruck von ca. 50 bar und überträgt die bei der Kernspaltung entstehende Energie auf das Heliumgas, das den Druckbehälter füllt und im sogenannten Primärkreis umgewälzt wird. Über einen Wärmetauscher wird die Energie wie im Druckwasserreaktor an einen zweiten Kreis-

lauf, den Sekundärkreis, übergeben, in dem Wasserdampf für die Stromgeneratoren erzeugt wird.

4. Die Sowjetunion entwickelte einen weiteren Reaktortyp (RBMK), den sogenannten Siedewasser-Druckröhrenreaktor. Die Sowjetunion hatte hierfür zwei Gründe. Einerseits fehlte zunächst eine industrielle Basis für die Technologie großvolumiger Druckbehälter, so daß Alternativlösungen gesucht werden mußten, andererseits hatte man bei dem vorrangig realisierten Atomwaffenprogramm wie in den USA auf wassergekühlte Graphitreaktoren für die Plutoniumproduktion gesetzt. Auch England und Frankreich nutzten ihre Erfahrungen mit allerdings gasgekühlten Graphitreaktoren für die Plutoniumproduktion zur Entwicklung ihrer ersten Generation ziviler Kernkraftwerke. Bei den wassergekühlten RBMK-Reaktoren befinden sich die Uranbrennelemente nicht in einem gemeinsamen Druckgefäß, sondern in wasserdurchströmten Druckrohren, die in den als Moderator dienenden Graphitblock eingelassen sind. Diese Konstruktion ermöglichte durch Vervielfachung der Einzelelemente auf einfache Art große Reaktoren herzustellen. Außerdem war es möglich, bei laufendem Reaktor einzelne Brennelemente auszuwechseln, was insbesondere für die Plutoniumproduktion wichtig war. Aus Sicherheitsgründen wurde diese Konstruktion im Westen für die zivile Nutzung der Kernenergie nicht in Betracht gezogen.

Die in Kernreaktoren konzentrierte, fast unvorstellbare Energiemenge hat bei vielen in der unmittelbaren Nachbarschaft lebenden Menschen schon immer Unbehagen ausgelöst. Diese Bedenken wurden in den 70-er Jahren weder von den beteiligten Wissenschaftlern und Technikern noch von den Politikern ernst genommen und mit dem erforderlichen Verständnis diskutiert. Statt dessen wurden die erreichten Erfolge in den Vordergrund gestellt, die Unabhängigkeit bei der Energieversorgung und das damit verbundene Wirtschaftswachstum bei garantierter Sicherheit, und die Entsorgungsproblematik zurückgestellt. Wie es schon der Name zum Ausdruck bringt, wurde Kerntechnik vorwiegend technologisch wirtschaftlich angegangen. Dies betraf sowohl die Konstruktion und Verfahrenstechnik als auch die Sicherheitstechnik und deutsche Ingenieurkompetenz hat wesentlich dazu beigetragen, daß die 35 in Deutschland gebauten Kernkraftwerke, von denen derzeit noch 19 in Betrieb sind, zu den sichersten der Welt gehören.

5. Unfälle

Erst zwei Unfälle in den 80-er Jahren und der ersten Hälfte der 90-er Jahre und das langsame Bekanntwerden unvorstellbarer Schlampereien in West und in noch viel größerem Ausmaße in Ost beim Umgang mit der Kerntechnik insbesondere im Rahmen der geheimen Kernwaffenprogramme, haben die dringend notwendige Diskussion um Verantwortung und Moral beim Umgang mit Ressourcen, der Umwelt und dem Leben angefacht. Allerdings wird diese Diskussion nicht von einer sachlichen Auseinandersetzung bestimmt, die die Verantwortung im Umgang mit dieser Technologie einfordert, sondern wird statt dessen von Mißtrauen, Emotionen, Ideologie und Demagogie getragen. Zu lange haben sich die Verantwortlichen einer Diskussion entzogen, oder entstehende Diskussionen unterbunden.

Mehrere Unfälle gigantischen Ausmaßes in der damaligen Sowjetunion wurden ebenso vertuscht wie der Reaktorunfall 1959 in England und radioaktive Bodenverseuchungen in amerikanischen Kernwaffenzentren und kamen und kommen nur sehr zeitverzögert an die Öffentlichkeit.

Der erste große Unfall in der zivilen Kerntechnik, der von einer breiten Öffentlichkeit bewußt registriert wurde, ereignete sich in Harrisburg in den USA am 28. März 1979, wo ein Druckwasserreaktor in den Zustand einer partiellen Kernschmelze kam – ein GAU (größter annehmbarer Unfall). Harrisburg war der Anfang der Wende. Die Analyse ist aber aus mehreren Gründen überaus interessant:

- Damals sind radioaktive Gase in größeren Mengen ausgetreten bzw. zur Vorbeugung größerer Schäden bewußt abgeblasen worden,
- diese ausgetretenen Gase haben keine nachhaltigen Schäden in der Umwelt hinterlassen,
- es hat weder innerhalb noch außerhalb des Kernkraftwerks Tote gegeben,
- gesundheitliche Schäden, insbesondere Langzeitschäden sind bisher in der Bevölkerung des Umkreises nicht festgestellt worden und
- der mit der partiellen Kernschmelze verbundene Schaden konnte lokal im Reaktorbehälter begrenzt werden.

Obwohl damals eine Sicherheitsvorkehrung versagte, hat das Druckgefäß die partielle Kernschmelze verkraftet und eine Schadensausbreitung nach

außen konnte weitgehend verhindert werden. Über 4 Stunden hat der angeschlagene Reaktor gedümpelt, bevor die Kernschmelze eingetreten ist. Eine der wichtigen Erkenntnisse dabei ist, daß aktive Sicherheitseinrichtungen, wie z.B. Pumpen, Schieber, Ventile etc. immer ein Restrisiko des Versagens beinhalten, auch wenn sie redundant, d.h. mehrfach ausgelegt sind. Der Druckbehälter mit dem geschmolzenen Urankern wartet allerdings noch heute auf eine gute Idee zur Entsorgung.

Der eigentliche Schock kam mit Tschernobyl und einem Reaktortyp, der in Deutschland nicht genehmigungsfähig war und ist. Man kann nur hoffen, daß die inzwischen mit großer internationaler Unterstützung durchgeführten Maßnahmen zur sicherheitstechnischen Ertüchtigung der noch im Betrieb befindlichen RBMK-Reaktoren einen weiteren Unfall dieser Art verhindern, bis alle RBMK endgültig abgeschaltet werden können.

Über die physikalisch-technischen und menschlich-organisatorischen Ursachen der Tschernobyl-Katastrophe und deren Folgen wurde in diesem Kreise bereits berichtet [3]. Neben dem grundsätzlichen Mangel eines wassergekühlten Graphitreaktors, bei dem eine durch den Void-Effekt (Verdrängung von Wasser durch plötzlich vermehrte Dampfblasenbildung) ausgelöste prompt-kritische nukleare Leistungsexkursion nicht ausgeschlossen werden kann, war das wesentliche auslösende Moment die vollständige Mißachtung der unter diesen Bedingungen besonders zu beachtenden Sicherheitsvorkehrungen durch die Bedienungsmannschaft bei der Durchführung eines schlecht geplanten Experiments. Konkret herbeigeführt wurde die Katastrophe also durch menschliches Versagen, bedingt durch mangelhafte Ausbildung, mangelhafte Qualitätssicherung und mangelhafte Vorkehrungen, mit denen ein offensichtlich unsinniges menschliches Eingreifen in den Betriebszustand hätte verhindert werden können.

Ein solches Szenario ist bei den Druck- und Siedewasserreaktoren, wie sie in Deutschland betrieben werden, – nicht nur wegen der hier wesentlich besseren Sicherheitskultur – nicht möglich. Bei diesen Reaktoren kann eine spontane, zwangsläufig zu einer explosionsartigen Zerstörung des gesamten Reaktors führende prompt-kritische Leistungsexkursion aus physikalischen Gründen ausgeschlossen werden. Das verbleibende Restrisiko bei einem katastrophalen Kühlmittelverlust-Störfall besteht hier

in der Möglichkeit des Schmelzens der nicht mehr gekühlten Brennelemente durch die Zerfallswärme der in ihnen enthaltenen radioaktiven Spaltprodukte, die dadurch aus ihrem festen Einschluß in den Brennelementen freigesetzt werden. Dies ist jedoch ein langsamer Vorgang, so daß es noch viele Möglichkeiten gibt, durch Notfallmaßnahmen das Durchbrechen der übrigen Barrieren (Reaktordruckgefäß und äußeres Containment) und damit eine massive Ausbreitung von Radioaktivität in der Umgebung zu verhindern. Der bisher einzige Unfall dieser Art in Harrisburg hat das bestätigt.

Bei dem Unfall in Harrisburg ist der eigentliche durch den Unfall verursachte Schaden im biologisch-physikalischen Sinne rein lokal begrenzt geblieben. Die psychologische Wirkung hatte globale Züge, blieb aber doch im wesentlichen begrenzt auf Fachdiskussionen und hat im übrigen zu einer Vielzahl von additionellen Sicherheitsmaßnahmen in allen westlichen Reaktoren geführt, ähnlich wie auch in der Luftfahrt Erkenntnisse aus Unfällen zu weltweiten Nachrüstungen führen.

Der durch die Katastrophe in Tschernobyl verursachte biologisch-physikalisch zu messende Schaden ist, wie in einem anderen Vortrag [3] schon diskutiert wurde, regional wirksam geworden mit katastrophalen Auswirkungen für die betroffene Bevölkerung. Zwar ist die dauerhafte Belastung der Bevölkerung außerhalb des direkten Umkreises von 20 km niedriger als befürchtet, dennoch ist die soziale und wirtschaftliche Struktur einer ganzen Region zusammengebrochen und die wichtigste Erwerbsquelle, die Landwirtschaft, bis auf weiteres versiegt. Die Zahl der Schilddrüsentumore aufgrund der initialen Verseuchung mit radioaktivem Jod steigt in einem weiten Umkreis noch kontinuierlich an und liegt heute, je nach Abstand vom Unfallort, bei bis zu 2,3 Fällen auf 10.000 Einwohner.

Der psychologische und wirtschaftliche Schaden hat darüber hinaus eine globale Dimension angenommen und die Kerntechnik als solche in Frage gestellt. Eine Technologie, die vielerorts betrachtet wird wie der wasserholende Besen des Zauberlehrlings in Goethes Gedicht „Der Zauberlehrling", die sich verselbständigt hat und von der wir den Zauberspruch vergessen haben, um ihn wieder in die Ecke zu stellen, wo er hingehört. Eine Technologie, der man vorwirft, sich wie ein Terroristen-Virus aus unserem genetischen Material verselbständigt zu haben und nun den eigenen Organismus zu bedrohen. Eine Technologie, der unterstellt wird,

daß sie wegen ihrer unglaublich hohen lokalen Energiedichte gegen menschliches Versagen und menschliche Kriminalität nicht geschützt werden kann, und damit ein globales Damoklesschwert darstellt.

6. Leukämiediskussion

Im norddeutschen Raum, dem Standort von 4 Kernkraftwerken in Brockdorf, Bruhnsbüttel, Stade und Krümmel, wird die Diskussion um die Kernenergie durch ein weiteres Ereignis tiefgreifend bis hin zu politischen und religiösen Konsequenzen und Entscheidungen bestimmt. Direkt gegenüber dem Kraftwerk Krümmel und der kerntechnischen Anlagen des GKSS Forschungszentrums auf der anderen Seite der Elbe liegt ein sogenanntes Leukämiecluster. In tragischer Weise sind in dieser Gemeinde 7 Leukämien an Kindern seit Inbetriebnahme des Kernkraftwerkes Krümmel im Jahre 1984 aufgetreten, was den Schluß nahe legt, daß Radioaktivität, von der man weiß, daß sie Leukämien auslösen kann, unerlaubt, eventuell auch unbemerkt, aus den kerntechnischen Anlagen ausgetreten und damit als Verursacher der Erkrankungen zu identifizieren ist.

Aus jeder kerntechnischen Anlage tritt in geringem Umfang Radioaktivität aus. Dieses ist genehmigt und wird meßtechnisch mit großer Genauigkeit im Umfeld flächendeckend überwacht. Die zulässigen Emissionen sind so klein, daß dies auch für die Bevölkerung in direkter Nachbarschaft weniger als 1/1000 der natürlichen Radioaktivität in der Luft, der Nahrung, den Baumaterialien und den natürlichen Radionukleiden im Körper ausmacht.

In der fraglichen Zeit hat nun keine einzige Messung im Überwachungssystem der Umgebung jemals darauf hingewiesen, daß erhöhte Radioaktivität im erforderlichen Umfang aus den Anlagen ausgetreten ist, wie es für die Entstehung der Leukämien notwendig gewesen wäre.

Ein umfangreiches Untersuchungs-Programm wurde in Gang gesetzt, um die Ursache dieses Leukämieclusters zu ergründen.

- Das Ökoinstitut Darmstadt, bekannt für seine Anti-Kernkraft-Haltung, hat im Auftrage des Landes Schleswig Holstein sowohl das Kernkraftwerk Krümmel als auch den Forschungsreaktor des GKSS For-

schungszentrums eingehend untersucht und keine Hinweise auf unerlaubte oder unbemerkte Freisetzung von Radioaktivität gefunden.

- Seit Jahren gibt es in Schleswig Holstein eine Kommission, die mit der Untersuchung der Vorgänge beauftragt wurde. Einige Mitglieder dieser Kommission versorgen seitdem ihre eigenen wissenschaftlichen Arbeitsgruppen mit Geld, das sie sich selbst in der Kommission bewilligen – wissenschaftlich unseriös, aber geduldet vom Auftraggeber. Andere Kommisionsmitglieder sind bereits aus diesem und anderen, die Seriosität der Wissenschaft bedrohenden Gründen, aus der Kommission ausgetreten. Das Protokoll der letzten Sitzung vom 2./3. Dezember 1997 gipfelt darin, daß diejenigen, die auf wissenschaftlicher Seriosität bestehen, in einem Minderheitenvotum [4] folgendes äußerten:

  „Schwerwiegender für uns als Wissenschaftler ist jedoch die Unhaltbarkeit und Dürftigkeit vieler aufgeführter Thesen. Der Verfasser und die Mitunterzeichner (des Mehrheitsvotums) ignorieren nicht nur die wissenschaftlichen Erkenntnisse anderer, sondern sie leugnen oder übergehen auch die Ergebnisse von Studien, welche die Kommission selbst angeregt und in vielen Sitzungen ausführlich diskutiert hat. Die Art der Beweisführung liegt daher auf der Methode des „Selektiven Verschweigens", die als unwissenschaftlich beurteilt werden muß und auch intellektuell nicht zu rechtfertigen ist. ... Weder der Landesregierung noch dem Steuerzahler ist mit diesem Mangel an Wissenschaftlichkeit gedient."

„Wissenschaftlichkeit" für ideologische Argumentationen heranzuziehen, fällt aus wissenschaftlich ethischer Sicht unter Mißbrauch und würde vor ein Ehrengericht gehören, wenn es das für Naturwissenschaftler gäbe.

Zu den ignorierten wissenschaftlichen Fakten gehören auch die Ergebnisse von Gassmann [5]. Er hat retrospektiv Leukämieerkrankungen an Kindern untersucht, die im Zusammenhang mit Diagnose und Therapie Strahlendosen ausgesetzt waren, die Leukämien tatsächlich auslösen und der Strahlenbelastung entsprechen, die 1,5 km vom Ort der Explosion der Atombomben in Hiroshima und Nagasaki aufgetreten ist. Hierzu gehören

- Kinder mit Herzfehlern und Tuberkulose Patienten
- Patienten mit Strahlenbehandlung (weiche Streustrahlung löst Leukämien aus)

- Thorotrast- und Radium-224-Patienten mit langdauernder niedrigdosierter Bestrahlung, durch die u.a. im Knochen angereicherte radioaktive Substanz
- Arbeiter in Kernkraftwerken
- Überlebende von Hiroshima und Nagasaki

Man unterscheidet bei den Leukämien im wesentlichen 4 verschieden Gruppen:

1. Erkrankungen des Lymphatischen Systems (akute und chronische lymphatische Leukämien) und
2. Erkrankungen der Blutbildung (Akute und chronische myeloische Leukämien)

Wesentlichstes Ergebnis der Untersuchungen von Gassmann ist, daß nach Strahlenexposition gehäuft Erkrankungen der Blutbildung, d. h. akute myeliosche Leukämien und Dysplasien und mit hohen statistischen Unsicherheiten auch chronisch myeloische Leukämien auftreten. Bei Strahlendosen bis zu Werten, die der Strahlung in 1,5 km Abstand der Atombomben von Hiroshima und Nagasaki entsprechen, treten Erkrankungen des lymphatischen Systems nur in seltenen Fällen und nicht gehäuft auf.

Trotz aller Tragik für die betroffenen Eltern und dem Wunsch, einen Schuldigen für das Leukämie-Cluster in Sichtweite der kerntechnischen Anlagen von Krümmel und GKSS zu finden, ist nur einer der 7 aufgetretenen Fälle eine myeloische Leukämie der Blutbildung und dies entspricht für die Bevölkerung auch dem statistischen Erwartungswert. Die 6 anderen Erkrankungen des lymphatischen Systems bleiben ungeklärt und müssen einer anderen Ursache zugeschrieben werden.

Die Fakten sind schwer zu verkraften, sie sind schwer zu akzeptieren, wenn man betroffen ist, aber sie berechtigen nicht dazu, daß sich Fachleute anschreien, weil nicht wahr sein kann, was nicht wahr sein darf und daß die protestantische Kirche den Widerstand gegen die Kernkraft in ihre Zielsetzungen offiziell aufnimmt, wie im Landkreis Lüneburg geschehen. Quo vadis Wissenschaft? Quo vadis Religion? Quo vadis wissenschaftliche Seriosität und Moral in der Diskussion um die Zukunft der Kerntechnik?

7. Situation heute

Welche Lehren könnte man heute aus den Ereignissen ziehen, welche werden gezogen und was sind die Notwendigkeiten in der Zukunft?

Wir leben in einer Zeit, in der die modernen Technologien sich schneller entwickeln, als Bildung und Ausbildung und damit das Verständnis für das, was uns umgibt, folgen kann. Wissenschaft und Technologie, integraler Bestandteil unseres Kulturerbes, werden mit so hohem Tempo komplexer, daß die Einheit von Wissenschaft, Kunst und Kultur im Sinne von Leibniz für immer weniger Menschen zugänglich bleibt. Sprachen zwischen den Menschen haben sich ebenso auseinander entwickelt wie die Sprachen der verschiedenen wissenschaftlichen und technologischen Disziplinen. Jede einzelne Wissenschaft oder Technik hat eine eigene Sprache entwickelt, die kaum noch von denen verstanden wird, denen man es auf Grund ihrer Ausbildung zutraut. Wer soll sie noch verstehen, die Physiker, die von Quarks und Charm reden, oder die Biochemiker, die von IGG's und IGM's reden, geschweige denn die Informatiker, die sich nur noch in bits und bytes verständigen können. Wer schützt uns vor einer Flut von Verwirrungen mit rem, Becquerels, Grays und Sieverts. Es ist zwar eine der höchsten Auszeichnungen für einen Wissenschaftler, daß eine meßtechnische Einheit nach ihm benannt wird, dies trägt aber leider auch nicht dazu bei, die Verständlichkeit der benannten Größe zu fördern. Als ich Physik studierte war eine der ersten Aussagen meines Professors, daß man die wenigsten Maßeinheiten mit Erfahrungen des täglichen Lebens korrelieren kann – und wie recht hatte er. Längen verstehen wir – 1 m, oder 1 km, Zeit auch: Ihnen wird die Zeit in diesem Vortrag lang, mir ist sie zu kurz. Bei der Kraft fängt es schon an, schwer vorstellbar zu werden: Können Sie sich unter einem Newton oder einem dyn tatsächlich etwas vorstellen? Woher nehmen wir Wissenschaftler den Hochmut, von der Öffentlichkeit zu erwarten, daß sie etwas mit Sievert, Gray und den anderen Hieroglyphen anfangen kann. Sind 10.000 Becquerel viel (In den Wänden eines jeden Wohnraum gibt es etwa 3.000 Bq = Zerfälle/s) und 100 mSievert (100 mSievert = 10 rem sind schon mehr, als für strahlenexponierte Personen auf Jahresbasis zugelassen sind) wenig? Beide sind nur zu vergleichen wie Äpfel und Birnen, aber wer – außer den Spezialisten – kann das begreifen und welcher Journalist ist sich dessen bewußt, wenn er

mit 10.000 Becquerel oder einem knackenden Geiger-Müller-Zähler auf höchster Empfindlichkeitsstufe Ängste erzeugt?

Es darf uns also nicht wundern, daß Sachargumente es immer schwerer haben, Gehör zu finden. Vielfältige Gründe haben dazu geführt. Dazu gehören:

- Wissenschaft und Technik haben es über Jahrzehnte versäumt, den Dialog mit der Öffentlichkeit ernst zu nehmen. Schon der Ausdruck „Populärwissenschaftliche Darstellung" ist eine Herabsetzung derer, die sich dafür interessieren. Vor einigen Wochen hat hier ganz in der Nähe die Verleihung des Wissenschaftsjournalisten-Preises im Palais stattgefunden. Eine kleine Gruppe aufrechter und begeisterter Journalisten, die von den Medien eher geduldet als geliebt werden und die sich selbst als Außenseiter ihrer Zunft betrachten. Mit Quoten können sie nicht aufwarten. Am GKSS Forschungszentrum haben wir einen Preis „Verständliche Wissenschaft" für Doktoranden eingeführt. Wir hoffen, daß dies Schule machen wird.
- Wissenschaft und Technik hat sich teilweise selbst ins Abseits gestellt. War Wissenschaft und Forschung einst verbunden mit der Hoffnung auf eine Verbesserung der Lebensqualität, so ist sie heute in den Geruch geraten, Lebensqualität, Sicherheit und die Natur mit ihren Auswirkungen und Risiken zu bedrohen. Das bedeutet nicht, daß es früher nicht auch so war, aber heute erfolgt die Debatte auf einer sehr hohen Komfortebene derer, die sie führen, und die Bedrohungen werden in der Tat zunehmend globaler. In dieser Debatte findet man darüber hinaus für jede noch so unsinnige Behauptung genügend „Professoren", die für die nötige wissenschaftliche Unterlegung sorgen – bis hin zu Mißbrauch, Betrug in der Wissenschaft, zu Paramedizin und Psi.
- Grobfahrlässige Fehlinfomationen und Fehleinschätzungen von Experten und Gutachtern – auch und insbesondere im Fall Tschernobyl – haben nicht dazu beigetragen, die Glaubwürdigkeit von Wissenschaft und Technik in der Öffentlichkeit zu fördern.
- Medien suchen und propagieren charismatisch emotionalisierende Berichte und Reportagen, ohne die Verantwortung für daraus entstehende Schäden zu übernehmen – sie gesellen sich damit zu den opportunistischen Politikern, den korrupten Wissenschaftlern und Technikern. Sie haben aber die stärkste meinungsbildende Macht in unserem Land.

- Viele Menschen suchen Feind- oder Freundbilder, für die sie kämpfen können. Wer die Diskussionen um das geplante Endlager in Gorleben verfolgt, kann dies direkt beobachten.

8. Technologische Optionen

Wir haben in Form des HTR-(Kugelhaufen-)Reaktors seit 25 Jahren die Option für inhärent sichere Kernkraftwerke, von denen der Betriebsleiter sogar behauptet, daß das Abschalten der Primärkühlung die sicherste Abschaltmethode für diesen Reaktortyp sei. Ein Abschalten der Primärkühlung führt in wenigen Sekunden zu einem völligen Zusammenbruch der Kettenreaktion und damit zu einem Abbruch der Energieproduktion. Es dauert Stunden, bis die Restwärme die Temperatur im Reaktor sehr langsam wieder ansteigen läßt. Auch ohne weitere Kühlmaßnahmen besteht dabei keinerlei Gefährdung einer Überhitzung, sofern die Gesamtleistung des Reaktors unter 250 MW liegt. Kugelhaufenreaktoren eignen sich besonders für kleine Kraftwerke im Bereich 100 MW und darunter und wären damit besonders für dezentralen Einsatz geeignet, insbesondere auch in Entwicklungsländern, da ein Mißbrauch für Kernwaffen bei dieser Technologie de facto ausgeschlossen ist.

In eine ähnliche Richtung wie der HTR-Reaktor gehen heute auch die Weiterentwicklungen der Wasserreaktoren, die aber immer ein Restrisiko für eine Überhitzung und damit eine Kernschmelze behalten werden. Mit den weiteren Entwicklungen wird aber sichergestellt, daß die Gutmütigkeit der Reaktoren auf über 72 Stunden ausgedehnt wird und daß die Auswirkungen von Unfällen im Fall einer Kernschmelze lokal im Reaktor selbst begrenzt bleiben. Erreicht werden soll ein derart gutmütiges Verhalten der neuen Reaktoren, indem aktive Systeme weitest möglich durch passive Systeme ersetzt werden sollen, also die physikalischer Gesetzmäßigkeiten selbst direkter genutzt werden sollen, um die Sicherheit zu erhöhen, z.B. mit hochgelegenen Wasserpools und der ziehenden Wirkung von kondensierendem Dampf statt Pumpen, konvektiver Wasserkühlung und vorgespannten Federn statt Antriebsmotore, Batterien statt zentraler Stromversorgung für Steuerung und Leittechnik.

9. Ausblick

Wir müssen heute konstatieren, daß die Weiterentwicklung der Kerntechnik ausschließlich im Ausland stattfindet. Selbst das Forschungszentrum Jülich hat in seiner 40 Jahrfeier im Jahr 1997 in Anwesenheit des Bundeskanzlers verschämt verschwiegen, daß dieses Zentrum den inhärent sicheren HTR-Reaktor entwickelt hat.

Andere Länder sehen in der Kernenergie eine der wichtigen Säulen bei der Energieversorgung auch und insbesondere in der Zukunft. Die Klimakonferenz in Kyoto Ende des Jahres 1997 hat erneut gezeigt, daß der Weltenergieverbrauch weiter steigen wird. Die Entwicklungsländer werden nicht auf das verzichten, was uns so angenehm ist. Es ist deutlich geworden, daß die Windenergie eine Alibienergiequelle ist, die ohne Großspeicher nur mit doppelten Reserveinvestitionen in konventionelle Energiequellen zu nutzen ist, da der Energieverbrauch nicht danach fragt, ob zufällig Wind herrscht. Energie aus Wasserkraftwerken ist eine wichtige Alternative für viele Länder. Brasilien baut derzeit ein Wasserkraftwerk, das die Energie von 10 Kernkraftwerken erzeugen soll. China plant ein gigantisches Wasserkraftwerk am Jangtze, das etwa 1/10 des chinesischen Strombedarfes abdecken und die Leistung von etwa 18 Kernkraftwerken mit je 1 Gigawatt elektrischer Leistung erreichen soll. China ist aber auch ein gutes Beispiel dafür, daß selbst derart gigantische Wasserkraftwerke mit unabsehbaren Eingriffen in die Landschaften und Flußläufe den tatsächlichen Strombedarf bei weitem nicht abdecken können, weder in Bezug auf die absolute Menge, noch in Bezug auf die Verfügbarkeit an der Stelle, wo die Energie tatsächlich benötigt wird. China wird additionell Kernkraftwerke benötigen und Amerika hat in den ersten Tagen des Jahres 1998 entschieden, die Lieferung entsprechender kerntechnischer Anlagen an China freizugeben.

Sonnenenergie ist noch weit entfernt von der Nutzung zur großtechnischen Stromerzeugung. Sie ist geeignet für Spezialanwendungen, die höhere Investitionskosten erlauben, und wird in diesem Bereich in wenigen Jahren einen Milliardenmarkt erschließen. Deutschland liegt an der Spitze, was aber nicht darüber hinwegtäuschen darf, daß auch in absehbarer Zeit mit der Sonnenenergie nicht Milliarden von kWh an elektrischer Leistung erzeugt werden.

Die fossilen Brennstoffe Öl, Kohle und Gas belasten die Atmosphäre mit CO_2 und mit noch ungewissen Konsequenzen, die mit der kontinuierlich fortschreitenden Anreicherung des CO_2 in der Atmosphäre verbunden sind. Im Schnitt verursacht jeder Erdenbürger 4,5 Tonnen CO_2 pro Jahr, jeder Deutsche 12 und jeder Amerikaner fast 20 Tonnen. Soll die CO_2-Emission in die Atmosphäre wirklich wirksam stabilisiert werden, so muß bei steigendem Energiebedarf in den Entwicklungsländern und steigender Weltbevölkerung die CO_2-Emission in den Industrienationen überproportional reduziert und pro Kopf und Jahr der Weltbevölkerung auf ein bis zwei Tonnen begrenzt werden. Längerfristig bedeutet dies die Einführung einer weitgehend CO_2-freien Energiewirtschaft, und dies wird in den kommenden 50 Jahren nicht zu erreichen sein, wenn wir auf die Kernenergie verzichten [6,7,8].

Auch die Brennstoffzellen helfen hier nicht weiter, denn sie basieren entweder auf Wasserstoff, der auch auf absehbare Zeit entweder mit Kernenergie oder aber mit klimawirksamen fossilen Brennstoffen hergestellt werden muß, oder auf Methan, einem anderen CO_2 Lieferanten und Treibhausgas.

Die Fusion ist über viele Jahrzehnte noch keine Alternative, auch wenn jetzt auf der Basis des Tokamak-Prinzips im Rahmen des internationalen ITER-Projekts der Bau eines ersten tatsächlich Energie liefernden Versuchsreaktors vorbereitet wird und in Greifswald mit dem Stellarator-Experiment ein anderer erfolgversprechender Weg zur Beherrschung der Kernfusion erprobt werden soll. In diesem Punkt sind alle, die sich mit Energiefragen beschäftigen, mehr oder weniger einig. Unterschiedlich sind die Konsequenzen, die gezogen werden.

Kerntechnik ist eine junge Technologie und ein Reaktor im Jahre 2050 würde sich von den heutigen sicher so unterscheiden, wie eine Super Constellation aus den 50-er Jahren von einem heutigen Airbus. Zwei Sicherheitsaspekte stünden bei der Weiterentwicklung des Leichtwasserreaktors im Vordergrund:

- Verhinderung der Kernschmelze durch passive Schutzelemente
- Beherrschung der Kernschmelze durch Corecatcher

Forscher des Forschungszentrum Karlsruhe haben schon heute ein Konzept für einen Corecatcher im Visier, offiziell schweigt man aber auch hier verschämt zu diesem Thema.

Andere Länder gehen voran. Frankreich und die USA setzen auf Wasserreaktoren, China wird die HTR Technologie weiterentwickeln, nachdem alle Grundlagen dazu frei Haus von Deutschland geliefert wurden. Zusammen mit Südafrika ist China dabei, Kleinkraftwerke im Bereich von 10 bis 100 MW zu entwickeln und vielleicht kaufen wir eines Tages dort die HTR Module, die auf Pontons in unseren Häfen angelandet werden.

Die Kerntechnik ist noch lange nicht am Ende, hier in Deutschland gibt es jedoch Bestrebungen, eine Endmarke für die Nutzung dieser Technologie in unserem Lande zu setzen. Schon jetzt stehen wir vor der Konsequenz, daß an den Hochschulen nicht mehr genügend Nachwuchs ausgebildet wird. Junge Menschen wollen begeistert werden, sie wollen mit ihrer Arbeit willkommen sein. Wer studiert unter den heutigen Randbedingungen noch Kerntechnik. Wir fördern ein Negativimage an den Ausbildungsstätten und werden bereits in wenigen Jahren Schwierigkeiten haben, die notwendigen Nachbesetzungen in den vorhandenen Anlagen vornehmen zu können. Selbst die Fortbildung für Fachpersonal wird langsam mangels Nachfrage eingestellt. Die Menschen, die an unserem Reaktor arbeiten, stoßen bei den Nachbarn auf Ablehnung, weil sie diese Teufelstechnologie nicht boykottieren. Umbesetzungen werden verhindert, nicht weil die Mitarbeiter nicht im Reaktorbereich arbeiten wollten, sondern weil sie gesellschaftliche Konsequenzen in ihrem Umfeld fürchten.

Wir haben hier eine ähnliche Situation wie in der Gentechnologie, wo erst ganz langsam Studenten sich wieder öffentlich dazu bekennen können, mit Genen zu experimentieren.

Wenn die Beteiligten und umso mehr der Nachwuchs nicht mehr stolz sein kann auf die eigene geleistete Arbeit, dann ist der Ausstieg eingeläutet, bevor er beschlossen ist. Wir müssen uns auch darüber klar sein, daß mit einer fehlenden Ausbildung ganze Bereiche der Grundlagenforschung und Technologie, die sich um die Kerntechnik und den Umgang mit der Radioaktivität ranken, nachhaltig geschädigt werden. Durchbrüche lassen sich nicht vorhersagen, aber Inaktivität ist ein sicheres Mittel, Erfolge und die Zukunft anderen zu überlassen.

Betrachtet man die Aktivitäten in den Schwellenländern wie Südafrika und China, dann können wir sicher sein, daß andere das Geschäft machen werden, so wie heute auch andere das Geschäft mit der Biotechnologie

machen. Wir können nur hoffen, daß unsere Multis, unsere Großkonzerne, die über unsere Grenzen hinaus global operieren, dann doch noch über die Technologien verfügen, so wie Bayer seine Gentechnologie in Berkeley aufgebaut hat und trotz Behinderung in Deutschland noch immer führend auf diesem Gebiet ist und Siemens zusammen mit dem Ausland die Kerntechnik noch nicht aufgegeben hat.

Ob wir wollen oder nicht, die Kerntechnik wird sich nach einem schweren Rückschlag weiter entwickeln und erneut Fuß fassen, zumindest in den kommenden 50 Jahren. Wie wir in unserem Land damit umgehen wird darüber entscheiden, ob unsere Kinder eines Tages selbst noch immer Technologie gestalten und führen oder aber geführt werden.

Literatur

[1] *Kleemann, M. und Meliß, M.*, Regenerative Energiequellen, Springer Verlag, 2. Aufl. (1993)

[2] *Radioaktivität von Becquerel bis Tschernobyl*, Fortschritte – Risiken –Fehlbeurteilungen, Teile I und II, Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, (1997), Bände 16 und 17

[3] *Alexander, K. F.*, Die Reaktorkatastrophe von Tschernobyl – Bilanz nach 10 Jahren, Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät (1997) Band 17, Heft 2, 5–21

[4] *Harder, D. und Kiefer, J.*, Sondervotum zur „Erklärung zum bisherigen Ergebnis der Kommissionsarbeit" anläßlich der Sitzung der schleswig-holsteinischen Fachkommission Leukämie am 3.12.1997 in Kiel

[5] *Gassmann, W.*, Leukämien und verwandte Krebs-Erkrankungen nach Strahlenbelastung unter besonderer Berücksichtigung der Diskussion um die Häufigkeit kindlicher Leukämien in der Nähe des Kernkraftwerkes Krümmel
Deutsches Atomforum Bonn, Juli 1997

[6] *Schwarz, D.*, Warum Kernenergie? Nichtklimatische Risiken
Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät (1997) Band 17, Heft 2, 49–67

[7] *Kugeler, K.*, Hat Kernenergie eine Chance?, Spektrum der Wissenschaft, (1997) Dossier 1, 106–109

[8] *Heinloth, K.*, Die Energiefrage – Bedarf und Potentiale, Nutzen , Risiken und Kosten
Vieweg Verlag (1997)