



HEINRICH BÖLL STIFTUNG

Mythos Atomkraft
Über die Risiken und Aussichten der Atomenergie

Von Gerd Rosenkranz



Dr. Gerd Rosenkranz, promovierter Werkstoffwissenschaftler und Diplom-Ingenieur mit Fachrichtung Metallkunde, arbeitete nach einem Aufbaustudium der Kommunikationswissenschaften etwa 20 Jahre als Journalist für überregionale Tages- und Wochenzeitungen; zuletzt bis 2004 fünf Jahre als Redakteur im Hauptstadtbüro des Nachrichtenmagazins *Der Spiegel* mit dem Themenschwerpunkt Umwelt- und Energiepolitik. Seit Oktober 2004 ist er Leiter Politik der Deutschen Umwelthilfe e.V. in Berlin.

Mythos Atomkraft

Über die Risiken und Aussichten der Atomenergie

Von Gerd Rosenkranz

Hrsg. von der Heinrich-Böll-Stiftung

1. Auflage, Berlin, Februar 2006

© Heinrich-Böll-Stiftung

Alle Rechte vorbehalten

Gestaltung: SupportAgentur, Berlin

Die Schreibweise entspricht den Regeln der neuen Rechtschreibung gemäß den Empfehlungen der Deutschen Akademie für Sprache und Dichtung.

Bestelladresse

Heinrich-Böll-Stiftung, Hackesche Höfe, Rosenthaler Str. 40/41, 10178 Berlin, Tel.030-285340, Fax: 030-28534109, E-mail: wissen@boell.de info@boell.de

Vorwort

Die Atomenergie ist wieder verstärkt in der Diskussion. Der Energiehunger aufstrebender Industriestaaten wie China und Indien, steigende Ölpreise, die riskante Abhängigkeit von russischem Erdgas und der galoppierende Klimawandel werden zu ihren Gunsten ins Feld geführt. Die Atomlobby schnuppert Morgenluft, von einem Come back der Atomenergie ist die Rede. Bisher ist das durch Fakten nicht gedeckt. Der Anteil des Atomstroms am gesamten Energieverbrauch ist weltweit rückläufig. Einige Neubauten in Asien und ein Reaktor in Finnland werden diesen Trend nicht umkehren. Auch die Industrie ist zögerlich und fordert umfangreiche staatliche Beihilfen und Garantien, bevor sie sich auf das Abenteuer neuer Atomkraftwerke einlässt.

Die veränderte energiepolitische Landschaft und die Offensive der Atombefürworter sind aber Grund genug, sich wieder intensiver mit der Atomkraft zu beschäftigen. In einer Reihe von Themenpapieren legt die Heinrich-Böll-Stiftung nun Analysen und Informationen zu den großen Streitfragen Reaktorsicherheit, Brennstoffkreislauf, Proliferation, Ökonomie und Klimaschutz in einem Buch mit dem Titel *Mythos Atomkraft. Ein Wegweiser* vor.

Zugleich bieten wir mit einem eigenständigen Beitrag von Gerd Rosenkranz, dem wir an dieser Stelle herzlich danken, in der vorliegenden Broschüre eine kompakte Bewertung der Zukunftsaussichten und Risiken der Atomenergie.

Die Auseinandersetzung mit der Atomenergie wird nicht nur in Deutschland geführt, sondern in vielen Partnerländern der Heinrich-Böll-Stiftung. Wir haben daher die genannten Buchbeiträge vorrangig in einer internationalen Perspektive für diese Partnerländer in Auftrag gegeben und nicht spezifisch für die deutsche Situation. Ausgaben in verschiedenen Sprachen (u.a. Englisch, Russisch, Ukrainisch, Portugiesisch) sind in Vorbereitung.

In Deutschland wird sich die atompolitische Auseinandersetzung in den kommenden Jahren auf zwei Fragen zuspitzen:

Laufzeitverlängerung: Werden Reststrommengen von neueren Reaktoren auf die zur Abschaltung anstehenden Altreaktoren Biblis A, Biblis B, Brunsbüttel und Neckarwestheim 1 übertragen? Eine Ausnahmeklausel im Atomkonsens ermöglicht dies mit Zustimmung der Bundesregierung. Die Konsequenz wäre nicht nur ein Weiterbetrieb der ältesten, stör anfälligsten Reaktoren. Es würde auch die Phase des Atomausstiegs zeitlich stark komprimiert. Der Druck auf einen „Ausstieg aus dem Ausstieg“ würde also nach 2010 massiv wachsen, da die notwendigen Ersatzkapazitäten in der Kürze der Zeit kaum zu beschaffen wären. Außerdem sind die dann abzuschaltenden Anlagen noch relativ jung; die Energiekonzerne würden dann mit Sicherheit gegen die „erzwungene Kapitalvernichtung“ Sturm laufen. Die Verlängerung der Laufzeit alter Anlagen wäre deshalb faktisch ein Angriff auf den mühsam errungenen „Atomkonsens“.

Endlagersuche: In den vergangenen Jahren sind 1,3 Milliarden Euro in den Bau eines Endlagers in Gorleben gesteckt worden, obwohl erhebliche Zweifel an der geologischen Eignung des Salzstocks bestehen. In dieser Legislaturperiode will die Große Koalition die Endlagerfrage klären – es ist zu befürchten, dass Gorleben entgegen aller fachlichen Bedenken als Standort festgeschrieben werden soll.

Trotz aller Argumente gegen eine katastrophenträchtige, mit hohen Kosten und Langzeitrisiken verbundene Technologie ist die Auseinandersetzung um die Atomenergie neu entfacht. Eine neue Generation wächst heran, für die Harrisburg und Tschernobyl keine prägende Erfahrung mehr ist. In der öffentlichen Wahrnehmung dominieren Klimawandel, Energiesicherheit und steigende Preise für Öl und Gas den energiepolitischen Diskurs. Wir sehen es deshalb als unsere Aufgabe, atomkritisches Know-how zu aktualisieren und Alternativen zur Atomenergie aufzuzeigen. Dazu will *Mythos Atomkraft* einen Beitrag leisten.

Berlin, im Januar 2006

Ralf Fücks und Barbara Unmüßig
Vorstand der Heinrich-Böll-Stiftung

Mythos Atomkraft Über die Risiken und Aussichten der Atomenergie

Von Gerd Rosenkranz

Der fundamentale Konflikt um die Atomenergie ist fast so alt wie ihre kommerzielle Nutzung. Die frühen Blühträume ihrer Verfechter sind verflogen, die hohen Risiken geblieben, ebenso die Gefahren des militärischen Missbrauchs. Terroristische Bedrohungen haben sich dramatisch konkretisiert. Die Klimaerwärmung und die Endlichkeit fossiler Brennstoffe können nicht die großen Sicherheitsprobleme der Atomenergie verdrängen. Den katastrophensicheren Reaktor gibt es seit Jahrzehnten nur als ein fernes Versprechen.

Die vom Menschen verursachte Aufheizung der Atmosphäre gehört ohne Zweifel zu den größten Herausforderungen des 21. Jahrhunderts. Aber es gibt andere, risikoärmere Optionen, sie zu bewältigen, als die Atomenergie. Der Einsatz der Atomenergie ist nicht zukunftsfähig, weil die nuklearen Spaltstoffe ebenso endlich sind wie die fossilen Brennstoffe Kohle, Öl und Erdgas. Und weil die Zeiträume, die ihre radioaktive Hinterlassenschaft von der Biosphäre ferngehalten werden muss, so lang sind, dass sie jenseits der menschlichen Vorstellungskraft liegen.

Atomenergie ist aber nicht nur sicherheitstechnisch, sondern auch finanztechnisch eine Hochrisikotechnologie. Ohne staatliche Subventionen hat sie in einem marktwirtschaftlichen Umfeld keine Chance. Trotzdem wird es weiter Unternehmen geben, die unter speziellen, staatlich gesetzten Rahmenbedingungen von der Atomenergie profitieren. Laufzeitverlängerungen alter Reaktoren können für ihre Betreiber ökonomisch attraktiv sein – aber sie erhöhen das Risiko eines schweren Unfalls überproportional. Und es wird immer Machthaber geben, die die zivile Nutzung der Kernspaltung vor allem als Etappe auf dem Weg zur eigenen Atombombe sehen und vorantreiben. Darüber hinaus bietet die Atomenergie mit ihren hochgefährlichen und terrorgefährdeten Anlagen einen zusätzlichen Angriffspunkt für die spätestens am 11. September 2001 sichtbar gewordene skrupellose nichtstaatliche Gewalt. Auch deshalb wird die Atomenergie die Menschen spalten, so lange sie genutzt wird.

1 Zur Erinnerung: Das Restrisiko des Vergessens

Was sich am späten Abend des 10. April 2003 im Brennelementlagerbecken des ungarischen Atomkraftwerks Paks abspielte, erinnerte fatal an zwei Ereignisse, die seit Jahrzehnten als Menetekel die Geschichte der zivilen Nutzung der Kernenergie begleiten: Die Reaktorkatastrophen von Harrisburg im März 1979 und Tschernobyl im April 1986. Unverzeihliche Konstruktionsfehler, schlampige Überwachung, fehlerhafte Betriebsanweisungen, stressbedingte Fehleinschätzungen und nicht zuletzt: ein naives Vertrauen in eine hochsensible Technik – all das kannte man schon vor diesem Donnerstagabend in

Ungarn: nicht nur aus Harrisburg und Tschernobyl, auch aus der Wiederaufarbeitungsanlage im britischen Sellafield, vom Monju-Brüter oder aus der Wiederaufarbeitungsanlage von Tokaimura in Japan und aus Brunsbüttel an der Elbe. Wo Menschen arbeiten, machen sie Fehler. Sie können von Glück sagen, dass die nach jedem Unfall aufs Neue als „unerklärlich“ eingestufte Verkettung von Fehlleistungen nicht immer so hart bestraft wird, wie 1986 in der Ukraine und seinen Nachbarstaaten. In Block 2 des Atomkraftwerks Paks, 115 Kilometer südlich der ungarischen Hauptstadt Budapest gelegen, blieb es bei der Überhitzung und Zerstörung von 30 hochradioaktiven Brennelementen, die sich in einen Haufen strahlenden Schutt am Boden eines mit Wasser gefluteten Stahlkessels verwandelten. Es blieb bei einer massiven Freisetzung radioaktiver Edelgase, die in hoher Konzentration in den panisch geräumten Reaktorsaal strömten und die später, um die Halle für Personal in Strahlenschutzanzügen wieder zugänglich zu machen, mit höchster Ventilatorleistung volle 14 Stunden ungefiltert in die Umgebung geblasen wurden.

Der Name Paks steht für den schwersten Unfall in einem europäischen Atomreaktor seit Tschernobyl. Die Überhitzung des hochradioaktiven Materials spielte sich noch dazu außerhalb des verbunkerten Sicherheitsbehälters ab. Doch die Welt jenseits der ungarischen Grenzen nahm praktisch keine Notiz von dem nuklearen Inferno, das sich im Innern einer mobilen Brennelement-Reinigungsanlage anzubahnen drohte. Die Fachleute im In- und Ausland, die die Abläufe jener Nacht später rekonstruierten, erkannten bestürzt, dass es viel schlimmer hätte kommen können. Nicht nur die unaufgeregte Reaktion der internationalen Öffentlichkeit auf den dramatischen Zwischenfall war neu. Die Havarie von Paks bedeutete auch in anderer Hinsicht eine Premiere. Erstmals hatten west- und osteuropäische Reaktormannschaften in einer Kaskade aus Sorglosigkeit, Managementfehlern und Routineseligkeit einen schweren Störfall gemeinsam und geradezu zielstrebig herbeigeführt. Beteiligt: Konstrukteure und Operateure des deutsch-französischen Atomkonzerns Framatome-ANP (einer Tochter des französischen Areva- und des deutschen Siemens-Konzerns), Betriebsmannschaften des Atomkraftwerks sowjetischer Bauart in Paks und Fachleute der ungarischen Atomaufsichtsbehörde in Budapest. Sie alle trafen ein Teil der Verantwortung – und sie kamen glimpflich davon. Als die 30 Brennelemente, immerhin rund ein Zehntel einer vollen Reaktorkernbeladung, nach der chemischen Reinigung nicht genügend gekühlt wurden, brachten sie zuerst das Kühlwasser im Reinigungskessel zum Sieden, kochten dann regelrecht trocken, erhitzen sich auf bis zu 1200 Grad Celsius und zerbröselten schließlich wie Porzellan, als die überforderten Operateure nach pannenreichen Versuchen, die große Katastrophe zu vermeiden, einen Sturzbach aus kaltem Wasser auf sie leiteten. Zu diesem Zeitpunkt lag eine atomare Verpuffung, also eine begrenzte, aber unkontrollierte Kettenreaktion nach Überzeugung der Reaktorphysiker im Bereich des Möglichen. Mit verheerenden Folgen nicht nur für die Umgebung des Kraftwerks Paks.

2 Sicherheit: Die Umfrage der Atomkraftnutzung

Mit erkennbarem Wohlgefallen registrieren die Verfechter der Atomenergie in den Industriestaaten in immer mehr Ländern eine Beruhigung der Auseinandersetzung über die Atomenergie. Unter dem Eindruck von Klimawandel und Ölpreisexplosion sei die Tonlage „sachlicher und ruhiger“ geworden. Vor allem über eines frohlocken die Freunde der nuklearen Stromproduktion: Der politisch-gesellschaftliche Diskurs hat sich von den fundamentalen Sicherheitsproblemen der Kerntechnik wegverlagert, hin zu Fragen der Ökonomie, des Klimaschutzes oder der Ressourcenschonung. Atomenergie soll so in der öffentlichen Wahrnehmung zu einer Technik unter vielen umgedeutet werden, ihre Nutzung eine Abwägungsfrage, wie die zwischen Kohlekraftwerk und Windmühle. Die Kernspaltung wird eingemeindet in das von den Ökonomen definierte Zieldreieck der energiepolitischen Debatte aus Wirtschaftlichkeit, Versorgungssicherheit und Umweltverträglichkeit. Dass auch innerhalb dieser Agenda viele Fragen an die Sinnhaftigkeit des Einsatzes der Atomenergie bleiben, stört ihre Anhänger weniger. Sie sind zufrieden. Denn in ihren Augen ist entscheidend: Es gelingt immer häufiger, das einzigartige Katastrophenpotenzial der Atomtechnik hinter einer Mauer von Argumenten zu verbergen, die alle von den grundlegenden Sicherheitsfragen ablenken. Diese Entwicklung ist nicht zufällig. Sie ist Ergebnis einer Strategie, die von Betreibern und Herstellern in den führenden Atomenergieländern lange Jahre mit beharrlicher Zähigkeit verfolgt und mit Bedacht vorangetrieben wurde.

Eine erfolgreiche Ablenkung mag die öffentliche Debatte beruhigen. Die Wahrscheinlichkeit der großen Katastrophe macht sie nicht kleiner. Die Gefahr des Super-GAUs, also eines Unfalls, der über den in den Sicherheitssystemen eingeplanten Größten Anzunehmenden Unfall (GAU) hinausgeht, und die Tatsache, dass er niemals ausgeschlossen werden konnte, war und ist der Urgrund des Fundamentalkonflikts um die Atomenergie. Auf ihr gründen letztlich alle Argumente gegen diese Form der Energieumwandlung. Mit ihr steht und fällt die Akzeptanz – regional, national und global. Seit Harrisburg und noch mehr seit Tschernobyl war der katastrophenfeste Atommeiler die Verheißung, mit der die Atomwirtschaft hoffte, irgendwann die öffentliche Zustimmung für ihre Technologie zurückzugewinnen zu können. Vor einem Vierteljahrhundert verkündeten die Hersteller das große Versprechen unter dem Code des „inhärent sicheren Kernkraftwerks“. Die Amerikaner nannten diese Meiler der Zukunft „Walk-away“-Reaktoren, in denen eine Kernschmelze oder ein vergleichbar schwerer Unfall physikalisch ausgeschlossen sein sollte. „Selbst beim schlimmsten aller denkbaren Unfälle“, schwärmte damals der Vizepräsident eines US-Herstellers, „können sie nach Hause gehen, zu Mittag essen, ein Nickerchen halten und anschließend zurückkommen, um sich darum zu kümmern – ohne die geringste Sorge, ohne Panik.“¹ Die großspurige Ansage blieb bis heute, was sie schon damals war: ein uneingelöster Wechsel auf die Zukunft. Bereits 1986 mutmaßte der deutsche Technik-Historiker Joachim Radkau, das katastro-

¹ Zitiert nach Peter Miller: Our Electric Future – A Comeback for Nuclear Power, in: National Geographic, August 1991, S. 60 ff

phefreie Atomkraftwerk sei „ein Wunschtraum, der in Krisenzeiten immer wieder vorgegaukelt, aber nie realisiert wird“.²

Inzwischen sprechen die Europäische Atomgemeinschaft Euratom und zehn Kernkraft betreibende Länder neutral von der „Generation IV“, wenn sie die Zukunft der Reaktortechnik ins Visier nehmen. Idiotensicher wie ihre bis heute Vision gebliebenen Vorgänger sollen die mit innovativer Sicherheitstechnik ausgestatteten Reaktoren der nächsten Baureihe nicht mehr sein. Aber wirtschaftlicher, kleiner, weniger anfällig gegen militärischen Missbrauch und in der Folge: akzeptabler für die Menschen. Um 2030 sollen die ersten dieser Meiler Strom liefern. Das ist die offizielle Version. Inoffiziell rechnen sogar manche ihrer profilierten Anhänger mit dem kommerziellen Betrieb „erst um 2040 oder 2045 herum“³. Damit erinnert dieses Zukunftsversprechen fatal an das der Fusionsforscher. Von der Kernfusion, der kontrollierten Verschmelzung von Wasserstoffatomen nach dem Vorbild der Sonne, hieß es 1970, sie werde um das Jahr 2000 für die Stromerzeugung einsatzreif sein. Heute rechnet niemand mehr mit einer Kommerzialisierung vor der Mitte des 21. Jahrhunderts – wenn überhaupt.

Mit dem Versprechen einer vierten Reaktorgeneration ohne *absolute* Sicherheit hat die Atomindustrie die Garantierklärung der Vergangenheit geräuschlos beerdigt. Inzwischen genügt sogar im Tagesgeschäft die *relative* Sicherheit, konkret die kolportierte und von Nicht-Fachleuten im politisch-publizistischen Raum gern verbreitete Pauschalbehauptung: „Unsere Kernkraftwerke sind die sichersten der Welt.“ Der Wahrheitsgehalt dieser Aussage – vor allem in Deutschland überaus beliebt – ist nicht wirklich belegt. Und es ist nicht recht plausibel, dass Atomkraftwerke, mit deren Bau in den sechziger und siebziger Jahren begonnen wurde, die also in den fünfziger und sechziger Jahren mit dem Wissen sowie für die Technologie dieser Zeit konzipiert wurden, ein ausreichendes Maß an Sicherheit bieten können. Doch solange niemand die Propagandisten der Atomenergie in Frankreich, den USA, Schweden, Japan oder Südkorea hindert, exakt dasselbe von ihren Meilern zu behaupten, können alle gut damit leben. Es gibt keine nationale nukleare Community, die ihre eigenen Atomkraftwerke nicht auf Weltniveau wähnt – oder dies zumindest öffentlich für sich reklamiert. Selbst in Osteuropa heißt es immer häufiger, infolge der Nachrüstungen der vergangenen 15 Jahre erreichten auch Reaktoren sowjetischer Bauart westliche Sicherheitsstandards und seien ihnen in manchen Belangen überlegen. So reagierten sie zum Beispiel angeblich weniger sensibel auf Störungen der Reaktorphysik. Einer formellen Übereinkunft über diese Sprachregelungen bedarf es nicht. Die gemeinsame Botschaft lautet: Es besteht kein Grund zur Beunruhigung.

Die lässt tatsächlich nach, national wie international. Die entscheidende Frage bleibt deshalb die nach dem Preis, den die Menschheit für die erkennbare Beruhigung an der Atomfront zu entrichten bereit ist. Was bedeutet es für die internationale Reaktorsicher-

² Tschernobyl in Deutschland? In: Spiegel 20/1986; S. 35/36

³ So der damalige EDF-Präsident Francois Roussely am 23. November 2003 vor dem Wirtschafts- und Umweltausschuss der französischen Nationalversammlung; zitiert nach Mycle Schneider: Der EPR aus französischer Sicht. Memo im Auftrag des BMU, S. 5.

heit, wenn Beinahekatastrophen wie die von Paks nur in geschlossenen Fachzirkeln debattiert werden? Das vergleichsweise hohe Sicherheitsniveau deutscher Meiler wurde in der Vergangenheit sogar von Befürwortern der Kernenergie auch der Stärke der Anti-Atomkraftbewegung in der alten Bundesrepublik zugeschrieben, einer andauernden skeptischen Beobachtung der Meiler durch eine hoch sensibilisierte Öffentlichkeit. Bohrende Fragen und die Etablierung einer so genannten „kritischen Fachöffentlichkeit“ sorgten nach dieser Lesart dafür, dass Atomkraftwerke überhaupt erst zu den am aufwendigsten gegen Stör- und Unfälle gesicherten Industrieanlagen der Industriegeschichte wurden, die sie heute sind. Doch, so ist zu befürchten, gilt auch der Umkehrschluss: Schwindet die öffentliche Aufmerksamkeit, schrumpft auch die Sicherheit.

Wie sieht die reale Sicherheitsbilanz aus, zwanzig Jahre nach Tschernobyl? Gibt es gegenüber den Hochzeiten der Risikodiskussion nach der Kernschmelze in der Ukraine reale Fortschritte in der Reaktorsicherheit? Oder trifft eher das Gegenteil zu, ist der nächste Großunfall schon programmiert?

Niemand kann in Abrede stellen, dass auch die Atomtechnik von den Fortschritten der allgemeinen Technologieentwicklung profitiert. Die Revolution, die sich seit der Errichtung der Mehrzahl der auf der Welt betriebenen kommerziellen Reaktoren, in den Informations- und Kommunikationstechnologien vollzogen hat, macht die Steuerung und Überwachung eines Atomkraftwerks übersichtlicher und im Normalbetrieb zuverlässiger. Als die älteren der heute betriebenen Meiler auf dem Reißbrett entstanden, steuerten noch Lochstreifen die Computer. Moderne Steuerungssysteme wurden und werden in viele, auch betagte Meiler nachträglich eingebaut. Für ein höheres Maß an Sicherheit spricht auch ein mit Hilfe von Computersimulationen und Experimenten erreichtes besseres Verständnis der reaktorphysikalischen und anderer komplexer Vorgänge im Normalbetrieb und mehr noch in Störfallsituationen. Heute üben die Reaktorfahrer an ihren Simulatoren Unfallabläufe, die vor zwanzig oder dreißig Jahren nicht einmal modelliert werden konnten – und folglich zum Teil gar nicht bekannt waren. Die Sicherheitstechniker profitieren auch von fortgeschrittenen Wahrscheinlichkeitsanalysen und weiterentwickelten Prüf- und Überwachungssystemen, mit denen nach und nach auch ältere Meiler ausgerüstet werden.

Die Reaktorbetreiber nehmen zudem für sich in Anspruch, aus Fehlern der Vergangenheit gelernt zu haben. Sie verweisen auf die Gründung der internationalen Betreiberorganisation (World Association of Nuclear Operators, WANO), die den Erfahrungsaustausch organisiert und für eine zeitnahe Weitergabe von Störfalldaten an ihre Mitglieder sorgt. Weltweit können die Reaktorbetreiber auf die Erfahrung von über 11.000 Reaktorbetriebsjahren zurückgreifen. Ein Beleg für eine „neue Sicherheit“ von Atomkraftwerken ist das allerdings nicht. Die Tatsache, dass es seit Tschernobyl oder Harrisburg keine Unfälle mit Kernschmelzen gegeben hat, bedeutet eben nicht, dass es nicht wieder geschehen könnte. Paks war die schärfste Warnung in jüngster Zeit. Etwa drei von vier der heute auf der Welt betriebenen Reaktoren sind dieselben wie 1986. Es ist gerade das Wesen von Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen, dass ein schwerer Unfall heute gesche-

hen kann oder erst in hundert Jahren. 11.000 Reaktorbetriebsjahre sind deshalb kein Gegenbeweis. Als die Nuklearwirtschaft 1979 in Harrisburg die erste Kernschmelze in einem kommerziellen Meiler traf, erinnerten Atomkraftgegner in Süddeutschland auf Flugblättern mit bitter höhrender Ironie an die vollmundigen Sicherheitsschwüre der Reaktortechniker: „Alle 100.000 Jahre ein Unfall – wie schnell doch die Zeit vergeht!“ Die weltweit forcierte Verlängerung der geplanten Reaktorlaufzeiten nennen Manager wie der Vorstandschef des deutschen Energiekonzerns RWE, Harry Roels, „sicherheitstechnisch uneingeschränkt verantwortbar“⁴. Und Walter Hohlefelder, Vorstand des Atomkraftbetreibers E.ON und Präsident des deutschen Atomforums, erklärt allen Ernstes, eine solche Laufzeitverlängerung mache „die Versorgung mit Strom sicherer“⁵. Erstaunlich an solchen Äußerungen ist vor allem, dass sie von Teilen der Öffentlichkeit nicht mehr hinterfragt werden. Denn es ist und bleibt eine kühne Behauptung, wenn die Reaktorbetreiber den Eindruck zu vermitteln suchen, als würden Atomkraftwerke – im Gegensatz zu Automobilen oder Flugzeugen – mit zunehmendem Alter immer sicherer. Dagegen spricht leider nicht nur der Alltagsverstand der Menschen. Dagegen spricht auch die Physik.

Das globale Reaktorarsenal „altert“. Hinter diesem Alltagsbegriff verbirgt sich in der Werkstofftechnik und Metallkunde ein umfassendes Wissensgebäude. Es bezeichnet nicht nur schlichte „Abnutzungserscheinungen“, sondern hochkomplexe Veränderungen an der Oberfläche und im Innern metallischer Materialien. Solche Vorgänge im atomaren Bereich und ihre Folgen sind besonders schwer auszurechnen oder durch Überwachungssysteme zuverlässig und vor allem rechtzeitig zu entdecken, wenn hohe Temperaturen, starke mechanische Belastungen, eine chemisch aggressive Umgebung und das Neutronen-Dauerbombardement aus der Kernspaltung gleichzeitig auf sicherheitstechnisch entscheidende Bauteile wirken. Korrosion, Strahlenschäden, Rissbildung an der Oberfläche, an Schweißnähten auch im Innern zentraler Komponenten sind in den vergangenen Jahrzehnten immer wieder aufgetreten. Schwere Unfälle blieben oftmals aus, weil das Unheil rechtzeitig von Überwachungssystemen oder bei Routineuntersuchungen während Stillstands- und Revisionszeiten der Anlagen entdeckt wurde. Manchmal war die Entdeckung schlichter Zufall.

Dazu kommen die Rückwirkungen der Liberalisierung der Strommärkte in vielen Ländern, in denen Atomkraftwerke betrieben werden. Liberalisierung bedeutet ein höheres „Kostenbewusstsein“ in jedem Kraftwerk mit sehr handfesten Folgen: zum Beispiel Personalabbau, Ausdünnung wiederkehrender Prüfungen, kürzere Fristen und damit Zeitdruck bei Revisionsarbeiten und dem Wechseln von Brennelementen. All dies erhöht nicht die Sicherheit.

Fazit: Wenn sich die Reaktorbetreiber mit ihren Laufzeit-Vorstellungen von 40 oder gar 60 Jahren durchsetzen, wird sich das im Jahr 2005 erreichte Durchschnittsalter der aktuell auf der Welt betriebenen Atomkraftwerke von etwa 22 Jahren noch einmal verdop-

⁴ Frankfurter Rundschau: 12. August 2005, S.11

⁵ Berliner Zeitung: 9. August 2005, S. 6

peln oder fast verdreifachen. Damit erhöht sich das Gesamtrisiko eines schweren Unfalls entscheidend. Daran ändert auch der Neubau von Kraftwerken der so genannten „Generation III“ wenig. Sie werden noch über Jahrzehnte nur einen kleinen Prozentsatz des weltweiten Reaktorarsenals ausmachen. Außerdem ist auch in ihnen ein schwerer Unfall nicht physikalisch ausgeschlossen. Der seit Ende der achtziger Jahre konzipierte Europäische Druckwasserreaktor (European Pressurized Reactor, EPR) zum Beispiel, dessen Prototyp in Finnland gebaut wird, ist eine – Kritiker sagen: halbherzige – Weiterentwicklung der heute in Frankreich und Deutschland betriebenen Druckwasserreaktoren aus den achtziger Jahren. Die Folgen einer Kernschmelze sollen mit einer aufwändigen Auffangvorrichtung („Core-Catcher“) für den aufgeschmolzenen Reaktorkern eingedämmt werden. Ergebnis dieses die Gesamtanlage erheblich verteuernenden Konzepts war unter anderem, dass der Meiler während der Design-Phase immer größer konzipiert werden musste, um ihn wenigstens gegenüber den Vorgängermodellen ökonomisch konkurrenzfähig zu machen. Ob der Sicherheitsbehälter („Containment“), der sich an den bei den jüngsten deutschen Meilern („Konvoi-Reihe“) erreichten Standard anlehnt, den gezielten Absturz einer voll betankten Passagiermaschine überstehen würde, ist zumindest umstritten.

Dass die Wahrscheinlichkeit schwerer Störfälle mit zunehmender Betriebserfahrung und Laufzeit der einzelnen Anlagen gesunken ist, glauben nicht einmal die Reaktorbetreiber selbst. Anlässlich eines Treffens der Betreiberorganisation WANO (World Association of Nuclear Operators) in Berlin im Jahr 2003 listeten Teilnehmer acht „schwere Vorfälle“ auf, die alle binnen weniger Jahre für Aufsehen gesorgt hatten – allerdings, wie der eingangs erwähnte Unfall mit Brennelementen im ungarischen Paks, vor allem unter den Reaktorexperten selbst. Die Liste von Vorfällen mit Katastrophenpotenzial umfasst:

- Lecks an den Steuerstäben des jüngsten britischen Reaktors Sizewell B (Inbetriebnahme 1995);
- eine zu niedrige Bor-Konzentration im Notkühlsystem des baden-württembergischen Reaktors Philippsburg-2;
- zuvor nie beobachtete Brennelementschäden in Block 3 des französischen Kraftwerks Cattenom;
- eine schwere Wasserstoffexplosion in einem Rohr des Siedewasserreaktors Brunsbüttel in unmittelbarer Nachbarschaft zum Reaktordruckbehälter;
- eine lange unbemerkt gebliebene massive Korrosion am Reaktordruckbehälter des US-Meilers Davis-Besse, wo nur noch die dünne Edelstahlauskleidung des Reaktorkessels („Liner“) ein massives Leck verhinderte;
- Manipulationen an sicherheitsrelevanten Daten in der britischen Wiederaufarbeitungsanlage Sellafield;
- ebensolche Datenmanipulationen beim japanischen Betreiber Tepco.

Derartige Vorfälle und Nachlässigkeiten – und besonders ihre Häufung in der jüngeren Vergangenheit – sorgen bei den Betreibern erkennbar für mehr Unruhe und Problembewusstsein als bei den politischen Verfechtern einer Kernenergie-Renaissance. Die Verantwortlichen fürchten die Konsequenzen eines tief im menschlichen Wesen verwurzelten Phänomens: die Anfälligkeit gegen das sanfte Gift der Routine, das es fast unmöglich macht, über Jahre wiederkehrende Tätigkeiten dennoch immer mit einem Höchstmaß an Konzentration durchzuführen. Während des Berliner WANO-Treffens klagten Referenten nicht nur über die erheblichen finanziellen Folgen der Vorfälle (allein im Zusammenhang mit den Störfällen von Philippsburg, Paks und Davis-Besse waren bis Oktober 2003 etwa 298 Millionen US-Dollar an Kosten aufgelaufen, 12 von 17 Siedewasserreaktoren des japanischen Betreibers Tepco standen wegen der Datenmanipulationen still), sondern mehr noch über Nachlässigkeit und Selbstzufriedenheit unter den Betreibern. Beides sei „eine Gefahr für den Fortbestand unserer Branche“⁶, warnte ein schwedischer Teilnehmer des Expertentreffens. Der seinerzeitige japanische WANO-Vorsitzende Hajimu Maeda diagnostizierte gar eine „schreckliche Krankheit“, die die Branche von innen heraus bedrohe. Sie beginne mit Motivationsverlust, Selbstzufriedenheit und „Nachlässigkeit bei der Aufrechterhaltung der Sicherheitskultur wegen des schweren Kostendrucks, infolge der Deregulierung der Strommärkte.“ Diese Krankheit müsse erkannt und bekämpft werden. Andernfalls werde irgendwann „ein schwerer Unfall ... die ganze Branche zerstören“⁷.

3 Selbstmordattentate: Eine neue Dimension der Bedrohung

Die neue Dimension der Bedrohung, die sich aus den Terrorangriffen des 11. September 2001 in New York und Washington und nachfolgenden Aussagen später inhaftierter Islamisten ergibt, hat bei den bisherigen Überlegungen noch keine Rolle gespielt. Dabei legt gerade sie eine grundlegende Neubewertung der Nutzung der Atomenergie nahe. Dass Atomkraftwerke in der Zielplanung islamistischer Terroristen eine Rolle spielen, gilt nach den Bekenntnissen zweier inhaftierter Al-Qaida-Führer als sicher. Danach hatte Mohammed Atta, der später eine Boeing 767 in den Nordturm des World Trade Centers steuerte, die beiden Reaktorblöcke des Kraftwerks Indian Point am Hudson River bereits als mögliches Ziel ausgewählt. Selbst einen Codenamen für den Angriff auf das Atomkraftwerk in nur 40 Kilometer Entfernung von Manhattan gab es schon: „electrical engineering“. Nur weil die Terrorpiloten befürchteten, dass ihr Anflug auf das Kernkraftwerk möglicherweise vorzeitig mit Flugabwehrraketen gestoppt werden könnte, wurde der Plan schließlich verworfen. Auch in der ursprünglichen, noch monströseren Planung des Al-Qaida-Oberen Khalid Sheik Mohammed mit insgesamt zehn gleichzeitig entführten Passagiermaschinen standen nach dessen eigenen Aussagen mehrere Atomkraftwerke auf der Zielliste. Es ist deshalb unabdingbar, Szenarien terroristischer

⁶ Nucleonics Week: 6. August 2003

⁷ Ebd.

Angriffe in die künftige Risikobewertung von Atomkraftwerken ernsthafter als bisher einzubeziehen. Sie sind seit dem 11. September 2001 um mehrere Größenordnungen wahrscheinlicher geworden.

Sicher scheint, dass keiner der Ende des Jahres 2005 weltweit betriebenen 443 Reaktoren dem gezielten Angriff mit einem voll getankten Großraumjet widerstehen könnte. Das bestätigten noch unter dem Eindruck der Anschläge in New York und Washington übereinstimmend sogar die Reaktorbetreiber. Das schnelle Eingeständnis hatte zwar seinerzeit auch eine taktische Komponente. Es sollte die Debatte über ältere, besonders verwundbare Atomzentralen verhindern, die dann unter dem Druck einer besorgten Öffentlichkeit möglicherweise vorzeitig hätten stillgelegt werden müssen. Inzwischen liegen jedoch die Ergebnisse wissenschaftlicher Studien vor, die die frühen Aussagen der Manager bestätigen. Beim Bau vieler Atommeiler in den westlichen Industriestaaten war zwar auch der zufällige Absturz von Kleinflugzeugen und Militärmaschinen in die Sicherheitsüberlegungen einbezogen worden. Sogar terroristische Angriffe mit Panzerfäusten, Haubitzen und anderem Kriegsgerät waren Gegenstand diverser Planspiele. Der unbeabsichtigte Aufprall einer voll betankten großen Passagiermaschine galt hingegen als derart unwahrscheinlich, dass gegen dieses Szenario in keinem Land der Welt wirksame Vorkehrungen getroffen wurden. Die Vorstellung eines gezielten Angriffs mit einer zur Lenkwaffe umfunktionierten Passagiermaschine hatte die Phantasie der Reaktorkonstrukteure schlicht überfordert.

In Deutschland begann die in Köln ansässige Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) unmittelbar nach den Anschlägen in den USA mit einer umfangreichen Untersuchung der Verwundbarkeit deutscher Atomkraftwerke durch Attacken aus der Luft. Dabei wurde im Auftrag der Bundesregierung nicht nur die Standfestigkeit typischer Atomkraftwerke ermittelt. An einem Flugsimulator der Technischen Universität Berlin flogen darüber hinaus ein halbes Dutzend Piloten tausende Angriffe mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten, Aufprallorten und -winkeln gegen in Deutschland betriebene Atomkraftwerke, die in Gestalt detailgetreuer Videoanimationen ins Simulator-Cockpit eingespielt wurden. Die Testpiloten hatten – wie die Terrorflieger von New York und Washington – zuvor nur kleinere Propellermaschinen geflogen. Trotzdem war angeblich etwa jeder zweite simulierte Kamikaze-Angriff ein Treffer.

Die Ergebnisse der Untersuchung erwiesen sich als derart alarmierend, dass sie nie offiziell veröffentlicht wurden. Lediglich eine als „VS-vertraulich“ klassifizierte Zusammenfassung gelangte später an die Öffentlichkeit. Danach droht insbesondere bei den älteren Meilern bei jedem Treffer ein nukleares Inferno, unabhängig von Typ, Größe oder Aufprallgeschwindigkeit der Passagiermaschine. Entweder würde der Sicherheitsbehälter („Containment“) direkt durchschlagen oder das Rohrleitungssystem durch die enormen Erschütterungen beim Aufprall und nachfolgende Kerosinbrände zerstört. In jedem Fall wäre bei einem Volltreffer eine Kernschmelze und die großflächige Freisetzung von Radioaktivität sehr wahrscheinlich. Auch die kraftwerksinternen Zwischenlager, in denen abgebrannte Brennelemente mit einem enormen radioaktiven Inventar in Wasserbecken abklingen, gelten als extrem gefährdet. Zwar sind die Meiler der neueren Bau-

reihen in den meisten Ländern mit einem stabileren Containment ausgestattet. Doch bei einem Volltreffer mit hoher Geschwindigkeit ließe sich nach den Ergebnissen der GRS-Studie der Super-GAU mit anschließender Verseuchung weiter Landstriche auch bei diesen Reaktoren nicht sicher ausschließen.

Mit dem Terrorszenario eines gezielten Angriffs aus der Luft sind andere Befürchtungen, die bereits vor dem 11. September 2001 international diskutiert wurden, nicht obsolet geworden. Sie haben nur eine konkrete und realistischere Grundlage erhalten. Terror-Szenarien, in denen Atomanlagen von außen mit Waffen oder Sprengstoff angegriffen werden oder sich die Angreifer gewaltsam oder heimlich Zugang zum Sicherheitsbereich verschaffen, wurden in einigen Industriestaaten mit eigener Nuklearindustrie schon früh intensiv untersucht. Jedoch nie im Lichte eines Szenarios, in dem die Angreifer den eigenen Tod gezielt in Kauf nehmen. Die erschütternde Möglichkeit, dass Menschen eine Atomanlage angreifen und dabei fest einplanen, dass sie selbst die ersten Opfer dieses Angriffs sein werden, macht Dutzende Angriffsabläufe möglich, die bisher nicht in Betracht gezogen wurden.

Aus Sicht extremistischer Selbstmordattentäter ist der Angriff auf eine Nuklearanlage alles andere als irrational. Im Gegenteil: Die Extremisten wissen, dass ein „erfolgreicher“ Angriff nicht nur ein unmittelbares Inferno und millionenfaches Leid auslösen würde, sondern voraussichtlich auch die vorsorgliche Schließung zahlreicher anderer Atomkraftwerke – und damit in den Industriestaaten ein volkswirtschaftliches Beben, das die ökonomischen Erschütterungen nach dem 11. September 2001 weit in den Schatten stellen könnte. So monströs und beispiellos die Angriffe auf das World Trade Center und das Pentagon waren, sie verfolgten dennoch vor allem das demonstrativ-symbolische Ziel, die Weltmacht USA ins ökonomische und politisch-militärische Herz zu treffen und so zu demütigen. Der Angriff auf ein Atomkraftwerk wäre bar solcher Symbolik. Getroffen würde die Stromerzeugung, damit das Nervenzentrum und die gesamte Infrastruktur eines Industriestaates. Die radioaktive Verseuchung einer ganzen Region, möglicherweise die dauerhafte Evakuierung hunderttausender, wenn nicht Millionen Betroffener würde die Scheidelinie zwischen Krieg und Terror endgültig aufheben. Kein anderer Angriff, nicht einmal der auf den Ölhafen von Rotterdam, hätte eine vergleichbare psychologische Wirkung auf die westlichen Industriestaaten. Selbst für den Fall, dass er letztlich sein Ziel, einen Super-GAU auszulösen, verfehlen würde, wäre das Ergebnis verheerend. Die sich anschließende Debatte würde die Auseinandersetzung über die Katastrophenrisiken der Atomenergie in nie gekannter Weise anheizen und in einer Reihe von Industrieländern voraussichtlich zur Schließung vieler, wenn nicht aller Atomkraftwerke führen.

4 Atomkraftwerke: Nukleare Ziele im konventionellen Krieg

Im Licht des neuen Terrorismus gewinnt auch die Debatte über die „friedliche Nutzung der Kernenergie“ und die Frage des Krieges an Relevanz. Sie wurde und wird in der

Nuclear Community bisher weitgehend tabuisiert. Denn in internationalen Spannungsbereichen wie der koreanischen Halbinsel, in Taiwan, dem Iran, Indien oder Pakistan errichtete Meiler haben eine ebenso ungewollte wie fatale Konsequenz: Sind sie einmal in Betrieb, braucht ein potenzieller Kriegsgegner keine Atombomben mehr, um das betreffende Land radioaktiv zu verwüsten: Es genügt die Luftwaffe – oder die Artillerie. Wer angesichts solcher Perspektiven im Zusammenhang mit der Atomenergie den Begriff „Versorgungssicherheit“ bemüht, denkt offensichtlich zu kurz. Es gibt keine andere Technologie, bei der ein einziges Ereignis den Zusammenbruch einer ganzen Säule der Energieversorgung auslösen kann. Eine Volkswirtschaft, die sich auf eine solche Technik verlässt, ist das Gegenteil von versorgungssicher. Sie ist im Kriegsfall anfälliger gegen konventionelle Angriffe als eine Volkswirtschaft ohne diese Technik.

„Die weltweite Durchsetzung der Kernenergie“, so der Physiker und Philosoph Carl Friedrich von Weizsäcker im Jahre 1985 zur Begründung seiner Wandlung zum Gegner der Atomenergie, „fordert als Konsequenz eine weltweite radikale Veränderung der politischen Struktur aller heutigen Kulturen. Sie fordert die Überwindung der wenigstens seit dem Beginn der Hochkulturen bestehenden politischen Institution des Kriegs.“⁸ Der politisch und kulturell abgesicherte Weltfriede, resümierte von Weizsäcker seine Überlegungen, sei jedoch nicht in Sicht. In Zeiten „asymmetrischer Gewalt“, in denen hochideologisierte Extremisten sich auf einen Krieg gegen mächtige Industriestaaten oder gleich auf den umfassenden „Krieg der Zivilisationen“ vorbereiten, ist der dauerhafte Weltfriede in noch weitere Entfernung gerückt als 1985, als von Weizsäcker seine Einsichten formulierte.

Die Bedrohung von Kernkraftwerken infolge kriegerischer Auseinandersetzungen ist keine theoretische Überlegung. Im Balkan-Konflikt Anfang der neunziger Jahre drohte der Atomreaktor im slowenischen Krsko mehrfach zum Ziel bewaffneter Angriffe zu werden. Zur Demonstration dieser möglichen Eskalationsstufe überflogen jugoslawische Bomber den Meiler. Ob Israel 1981 auf den Luftschlag gegen die Baustelle des irakischen Forschungsreaktors Osirak verzichtet hätte, wenn der 40-Megawatt-Meiler bereits in Betrieb gewesen wäre, ist keinesfalls sicher. Der Angriff galt als Präventivschlag gegen Saddam Husseins Versuch, als Erster die „islamische Bombe“ zu bauen. Amerikanische Bomber griffen die Reaktorbaustelle während des Golfkriegs von 1991 erneut an. Im Gegenzug richtete Saddam Hussein seine Scud-Raketen auf die israelische Atomzentrale von Dimona. Schließlich kursierten Ende 2005 Meldungen über einen geplanten israelischen Luftschlag gegen mutmaßliche, geheime Nuklearanlagen im Iran. Es sind also eine Reihe von Szenarien plausibel, in denen Kriegs- oder Konfliktparteien auf die Idee verfallen, die Atomanlagen im jeweiligen Feindesland anzugreifen: zum einen als Präventivschlag gegen vermutete und mit Nuklearanlagen in Entwicklungs- und Schwellenländern oft eng verknüpfte Atomwaffenambitionen des Kriegsgegners; zum anderen zur Verbreitung des größtmöglichen Schreckens. Fazit bleibt die brutale Erkenntnis, dass ein Land dessen tatsächlicher oder potenzieller Kriegsgegner über Atom-

⁸ In: Klaus Michael Meyer-Abich/Bertram Schefold: Die Grenzen der Atomwirtschaft, München 1986, S.14/16

kraftwerke verfügt, sich den steinigen Pfad zur eigenen Atombombe ersparen kann. Ein Angriff auf die zivilen Nuklearanlagen des Kontrahenten ersetzt die eigene Bombe. Weil ein kommerzielles Atomkraftwerk um Größenordnungen mehr Radioaktivität birgt als bei der Explosion einer Atombombe frei wird, wäre die langfristige radioaktive Ver-seuchung nach einem „erfolgreichen“ Angriff auf ein Atomkraftwerk sogar ungleich dramatischer als nach einem Bombenabwurf.

5 Siamesische Zwillinge: zivile und militärische Nutzung der Atomenergie

Seit die Idee geboren wurde, die atomaren Kräfte zur kontrollierten Energieproduktion zu nutzen, stand auch ihr militärischer Missbrauch auf der Tagesordnung. Überraschen konnte das niemand. Denn schließlich waren es die Atombombenabwürfe von Hiroshi-ma und Nagasaki im August 1945 gewesen, die die Entfesselung der Atomkräfte in der ganzen Welt zu einem Menschheitstrauma gemacht hatten. Als der US-amerikanische Präsident Dwight D. Eisenhower 1953 sein Programm „Atome für den Frieden“ ver-kündete, sollte dies ein Startschuss für die „friedliche Nutzung der Kernenergie“ wer-den. Der Vorstoß war aus Not und Sorge geboren. Denn mit der großzügigen Offenba-rung ihres damals noch weitgehend exklusiven und geheimen Know-hows über die Kernspaltung wollten die USA verhindern, dass immer mehr Staaten eigene Atomwaf-fenprogramme auflegten.

Der Deal, den der Präsident der mit der Bombe endgültig zur Supermacht aufgestiege-nen USA der Welt anbot, war denkbar einfach. Alle interessierten Länder sollten von der friedlichen Nutzung der Atomenergie profitieren können, sofern sie im Gegenzug auf eigene Kernwaffenambitionen verzichteten. So sollte eine Entwicklung gestoppt werden, die nach dem Zweiten Weltkrieg binnen weniger Jahre neben den USA, die Sowjetunion, Großbritannien, Frankreich und China zu Atomwaffenstaaten gemacht hatte. Andere Länder, darunter selbst solche, die damals wie heute als ausgesprochen friedliebend gelten – wie etwa Schweden oder die Schweiz – arbeiteten mehr oder we-niger intensiv und heimlich an der Entwicklung der ultimativen Waffe. Auch die Bun-desrepublik Deutschland – nach dem 2. Weltkrieg bis 1955 quasi kein souveräner Staat – entwickelte in der Ära des Atomministers Franz-Josef Strauß entsprechende Ambitio-nen.

Der Sperrvertrag, der schließlich 1970 in Kraft trat, war wie die Internationale Atom-energieagentur IAEA in Wien ein Resultat der Eisenhower-Initiative. Aufgabe der Wie-ner Atombehörde, die schon 1957 gegründet wurde, war es einerseits, die Kerntechnik zur Stromerzeugung zu fördern und über die Welt zu verbreiten, und andererseits, die Entwicklung der Atombombe in immer mehr Staaten zu verhindern. Fast ein halbes Jahrhundert nach ihrer Gründung ist die Bilanz der IAEA ebenso zwiespältig wie ihr ur-sprünglicher Auftrag. Sie hat mit der Überwachung ziviler Atomanlagen und der in ih-nen eingesetzten Spaltstoffe die Weiterverbreitung der Bombe deutlich gehemmt. Dafür erhielt die Wiener Agentur 2005 gemeinsam mit ihrem Chef Mohamed ElBaradei den

Friedensnobelpreis. Verhindert allerdings hat sie die Ausbreitung der Bombe nicht. Schon bis zum Ende des Kalten Krieges waren mit Israel, Indien und Südafrika drei Atomwaffenstaaten zu den fünf „offiziellen“ hinzugekommen. Südafrika hat seine Nuklearsprengsätze mit der Abkehr vom Apartheidsystem Anfang der neunziger Jahre vernichtet. Nach dem Golfkrieg von 1991 entdeckten die Inspektoren in Saddam Husseins Irak, selbst Mitglied des Sperrvertrags, ein geheimes Atomwaffenprogramm, das trotz akribischer Überwachung durch die IAEA weit fortgeschritten war. Im Jahr 1998 schockten Indien und Pakistan, die wie Israel stets die Mitgliedschaft im Vertrag verweigert hatten, die Welt mit Nuklearwaffentests. 2003 verließ das kommunistische Nordkorea den Sperrvertrag und erklärte sich selbst zum Atomwaffenstaat. Gerade diese letzte Erfahrung könnte nach Überzeugung vieler Fachleute die Bombenambitionen anderer autoritärer Regime in der Zukunft zusätzlich befeuern. Denn während vom Irak im Vorfeld der US-amerikanischen Invasion im Jahr 2003 angenommen wurde, er strebe Atomwaffen zwar an, verfüge aber noch nicht über sie, bekannten die nordkoreanischen Kommunisten, sie seien bereits am Ziel. Und während Saddam Hussein unter den konventionellen Bomben und Cruise Missiles der Supermacht stürzte, blieb dieses Schicksal dem nicht minder autoritären Diktator Kim Jong-il erspart. Dass dabei nicht nur die Bindung des US-Militärs am Kriegsschauplatz Irak und in Afghanistan eine Rolle spielte, sondern auch die Befürchtung, Nordkorea könnte nach einem Angriff mit konventionellen Waffen noch zu einem atomaren Gegenschlag in der Lage sein, scheint plausibel. Schon die nachträgliche Annahme, dass es so gewesen sein könnte, kann Ansporn für andere, den USA feindlich gesonnene Länder sein, ebenfalls dem Weg Nordkoreas zu folgen. Das aktuelle Beispiel für derlei Ambitionen ist der Iran, wenngleich die dortigen Machthaber stets schwören, alle Atomanlagen im Lande dienen allein der zivilen Nutzung der Atomenergie. All diesen Entwicklungen liegt ein fundamentales Problem der Atomtechnologie zugrunde: Ihre zivile und militärische Ausprägung lässt sich selbst bei bestem Willen und unter Einsatz modernster Überwachungstechniken nicht fein säuberlich voneinander trennen. Insbesondere der Brenn- beziehungsweise Spaltstoffkreislauf verläuft in der friedlichen und unfriedlichen Variante weitgehend parallel. Technologien und Know-how lassen sich vielfach zivil wie militärisch nutzen („dual use“) – mit einer fatalen Konsequenz: Jedes Land, das die von der IAEA oder der Europäischen Atomgemeinschaft (Euratom) geförderte zivile Kerntechnik beherrscht, kann sich über kurz oder lang in die Lage versetzen, die Bombe zu bauen. Immer wieder im Verlauf der vergangenen 50 Jahre installierten ambitionierte und skrupellose Machthaber neben den zivilen Atomprogrammen klandestine militärische Seitenpfade. Aber auch ohne geheime Sonderprogramme sind die wichtigsten Stationen der zivilen Nuklearkette massiv anfällig für den militärischen Missbrauch:

- Anlagen zur Anreicherung des spaltbaren Uranisotops U-235 werden zur Brennstoffproduktion für die weltweit dominierenden Leichtwasserreaktoren eingesetzt. Die Fortführung des Prozesses hin zu einer höheren Aufkonzentration des

Spaltstoffs Uran-235 (Highly Enriched Uranium, HEU) ergibt Spaltstoffe für Forschungsreaktoren – oder für Atombomben vom Hiroshima-Typ.

- Forschungsreaktoren und kommerzielle Meiler zur Stromerzeugung können den ihnen offiziell zgedachten Zwecken dienen – oder der gezielten Produktion von waffentauglichem Plutonium (Pu-239) für Atombomben vom Nagasaki-Typ. Das gilt in noch stärkerem Maß für Schnelle Brutreaktoren.
- In Wiederaufarbeitungsanlagen (WAA) wird vor allem der Reaktorbrennstoff Plutonium von anderen Radioisotopen, die zuvor bei der Kernspaltung in Reaktoren entstanden sind, separiert – oder gezielt das als Sprengstoff in Atombomben geeignete Plutoniumisotop Pu-239 abgetrennt.
- WAA-Technologien ermöglichen darüber hinaus in abgeschirmten „heißen Zellen“ die Ver- und Bearbeitung radioaktiver Spaltstoffe im Rahmen des zivilen Brennstoffkreislaufes – oder die Ver- und Bearbeitung von Atombomben-Komponenten.
- Zwischenlager für Plutonium, Uran oder andere Spaltstoffe dienen entweder als Brennstoffdepot für Atomkraftwerke – oder als Sprengstofflager für die Atombombenproduktion.

Die Umwandlung ziviler in militärische Komponenten des Brennstoffkreislaufes kann sich – vom jeweiligen Staat sanktioniert – über geheime militärische Parallelprogramme vollziehen. Oder sie kann über die heimliche Abzweigung ziviler Spaltstoffe unter Umgehung nationaler wie internationaler Kontrollen erfolgen. Befürchtet werden muss auch der Diebstahl solcher Stoffe, militärisch relevanter Technologien oder des entsprechenden Know-hows.

Nach dem Ende des Kalten Krieges wuchs zunächst die Hoffnung, das gemeinsame Interesse der Atomwaffenstaaten, die Weiterverbreitung von sensiblen Stoffen und nuklearer Technologie einzudämmen, werde die Risiken der unkontrollierten Verbreitung militärischer Atomtechnologie stoppen. Gleichzeitig drohten jedoch „Lecks“ in zuvor streng abgeschirmten, zivilen wie militärischen Atomarsenalen, vorrangig in der zerfallenden Sowjetunion. Angetrieben von dubiosen Geschäftemachern und kriminellen Banden entstand ein regelrechter Schwarzmarkt für „Nuklearia“ aller Art. Zwar waren die meisten Strahlenstoffe, die vor allem Anfang der neunziger Jahre zu horrenden Preisen in zumeist kriminellen Zirkeln kursierten oder angeboten wurden, für den Bombenbau gänzlich ungeeignet. Doch beruhigend wirkte die Tatsache nicht, dass plötzlich radioaktives Material aus zuvor hermetisch abgeschlossenen Lagern sickerte.

Unbestritten ist, dass mit jeder Ausweitung der zivilen Kerntechnik über die 31 Länder hinaus, die sie derzeit kommerziell einsetzen, der Aufwand zur Eindämmung der militärischen Weiterverbreitung zunimmt. Eine neue, dem Boom der siebziger Jahre vergleichbare Kernenergiekonjunktur, an deren Ende 50, 60 oder mehr Staaten Zugang zu den Spalttechnologien hätten, würde die in der Vergangenheit bereits überforderte und chronisch unterfinanzierte IAEA vor unlösbare Überwachungsprobleme stellen. Dazu kommt die neuartige Gefahr eines Terrorismus, der im Ernstfall wohl auch vor der Zün-

dung einer „schmutzigen Bombe“ nicht zurückschrecken würde. Die Detonation eines mit radioaktivem Material ziviler Herkunft versetzten konventionellen Sprengsatzes würde nicht nur akut viele Opfer fordern und Angst und Unsicherheit in potenziellen Zielländern der Terroristen immens steigern, sondern darüber hinaus den Ort der Explosion unbewohnbar machen.

6 Der offene Kreislauf: Lecks am Anfang und am Ende

Der Begriff des atomaren „Brennstoffkreislaufs“ gehört zu jenen erstaunlichen Worterschöpfungen, die sich über Jahrzehnte umfassend durchgesetzt haben, obwohl sie, wörtlich genommen, andauernd von der Realität widerlegt werden. Der Mythos vom nuklearen Kreislauf rührte vom frühen Traum der Kerntechniker her, man könne nach dem Start mit kommerziellen Uran-Blütern das in ihnen erzeugte spaltbare Plutonium in Wiederaufarbeitungsanlagen abtrennen und dann in Schnellen Brutreaktoren – einem Perpetuum Mobile gleich – aus nicht-spaltbarem Uran (U-238) immer aufs Neue Plutonium (Pu-239) für weitere Brüterkraftwerke erzeugen. Ein gigantischer industrieller Kreislauf sollte so entstehen mit weltweit tausend und mehr Schnellen Brutreaktoren und Dutzenden Wiederaufarbeitungsanlagen, wie sie bis heute im zivilen, großindustriellen Maßstab nur im französischen La Hague und im britischen Sellafield existieren. Allein in Deutschland erwarteten die Atomstrategen Mitte der sechziger Jahre für die Jahrtausendwende ein Brüter-Arsenal mit einer Gesamtkapazität von 80.000 Megawatt Kraftwerksleistung. Doch der Plutoniumpfad der Kerntechnik, den der Energiewissenschaftler Klaus Traube, zunächst selbst Leiter des deutschen Brüterprojekts im niederrheinischen Kalkar, später die „Erlösungsutopie der 50er Jahre“⁹ nannte, wurde zum vielleicht größten Fiasko der Wirtschaftsgeschichte. Überteuert, technologisch unausgereift, sicherheitstechnisch noch umstrittener als konventionelle Atomkraftwerke, besonders anfällig für die militärische Zweckentfremdung setzte sich die Brüter-Technologie bis heute nirgendwo auf der Welt durch. Einzig Russland und Frankreich betreiben noch je einen Brutreaktor aus den Frühzeiten der Entwicklung. Japan (dessen Demonstrations-Brüter in Monju seit einem schweren Natriumbrand im Jahr 1995 stillsteht) und Indien verfolgen die Linie offiziell weiter.

Ohne Aussicht auf den Brüterpfad ist das historische Hauptmotiv zur Plutoniumabtrennung in Wiederaufarbeitungsanlagen (WAA) eigentlich hinfällig geworden. Dennoch betreiben neben Frankreich und Großbritannien auch Russland, Japan und Indien kleinere WAA zum nachträglich erklärten Zweck, das dort erzeugte Plutonium in Gestalt so genannter Mischoxid (MOX)-Brennelemente erneut in konventionellen Leichtwasserreaktoren einsetzen zu wollen. Die Wiederaufarbeitungsanlagen produzieren, wenn sie nicht wegen technischer Probleme stillstehen, neben Plutonium und Uran vor allem horrenden Kosten; darüber hinaus hochradioaktiven Atommüll, der endgelagert werden muss, und eine Strahlenbelastung der Umgebung, die die eines Leichtwasserreaktors

⁹ Klaus Traube: Plutonium-Wirtschaft? Hamburg 1984, S. 12

mehrere zehntausend Mal übertrifft. Die Wiederaufarbeitung erfordert außerdem eine große Anzahl prekärer Transporte hochradioaktiver, zum Teil auch für die militärische oder terroristische Zweckentfremdung anfälliger Materialien. Sie erhöht so auch massiv die Zahl möglicher Angriffsziele für Terroristen.

Weil stets nur ein vergleichsweise geringer Anteil des auf der Welt in kommerziellen Kraftwerken erzeugten hochradioaktiven Atommülls wiederaufgearbeitet wird und abgebrannte MOX-Brennelemente in aller Regel nicht noch einmal recycelt werden, ist vom atomaren Brennstoffkreislauf nur der Name geblieben. In der realen Welt ist dieser Kreis offen. Atomkraftwerke erzeugen neben Strom vor allem hoch, mittel und schwach radioaktive Abfälle, die darüber hinaus häufig hoch giftig sind. Sie müssen für ungeheure Zeiträume sicher endgelagert werden. Wie lange, bestimmt sich nach den naturgegebenen, so genannten Halbwertszeiten der Radionuklide, die extrem unterschiedlich ausfallen. Das Plutonium-Isotop Pu-239 verliert seine halbe Radioaktivität nach 24.110 Jahren, das Kobalt-Isotop Co-60 nach 5,3 Tagen.

Ein halbes Jahrhundert nach dem Start der nuklearen Stromerzeugung gibt es auf der Welt kein einziges genehmigtes und betriebsbereites Endlager für hoch radioaktive Abfälle – ein Umstand, der das Bild vom atomaren Flugzeug populär machte, das gestartet ist, ohne dass sich irgendjemand Gedanken über die Landebahn gemacht hätte. Vergleichsweise kurzlebige und mittel- oder schwachradioaktive Abfälle werden in einer Reihe von Ländern – zum Beispiel in Frankreich, den USA, Japan oder Südafrika – oberflächennah in speziellen Behältern gelagert. Deutschland hat die ehemalige Eisenerzgrube Schacht Konrad im niedersächsischen Salzgitter für eine Tiefenlagerung nicht Wärme entwickelnder Abfälle aus Atomkraftwerken, aber auch aus Forschungsreaktoren und dem medizinischen Einsatz der Kerntechnik vorbereitet. Die Einlagerung von Atommüll in der früheren Erzgrube ist weiter Gegenstand gerichtlicher Auseinandersetzungen.

Wie unbekümmert das Atommüllproblem anfangs angegangen wurde, belegt eine Äußerung des bereits einmal zitierten Carl Friedrich von Weizsäcker aus dem Jahr 1969. Damals erklärte der Physiker und Philosoph zur Beseitigung atomarer Abfälle: „Das ist überhaupt kein Problem ... Ich habe mir sagen lassen, dass der gesamte Atommüll, der in der Bundesrepublik im Jahr 2000 vorhanden sein wird, in einen Kasten hineinginge, der ein Kubus von 20 Metern Seitenlänge ist. Wenn man das gut versiegelt und verschließt und in ein Bergwerk steckt, dann wird man hoffen können, dass man damit dieses Problem gelöst hat.“¹⁰ Inzwischen sind damals diskutierte, exotische Vorschläge wie die Endlagerung im Weltall, in der Tiefsee oder im antarktischen Eis aus der öffentlichen Debatte verschwunden. In der wissenschaftlichen Diskussion herrscht darüber hinaus weitgehende Einigkeit, dass die Einlagerung in tiefen geologischen Formationen und dafür eigens eingerichteten Bergwerken am ehesten geeignet ist, das Endlagerproblem zu bewältigen. Ob Granit, Salz, Ton oder andere Wirtsgesteine am besten für die Langzeitaufbewahrung hochradioaktiver und Wärme entwickelnder Abfälle geeignet

¹⁰ Zitiert nach B. Fischer, L. Hahn u.a.: Der Atommüll-Report, Hamburg 1989, S. 77

sind, mögen die Experten allerdings nicht entscheiden. In allen Fällen, erklären sie übereinstimmend, gebe es Vor- und Nachteile.

Die Frage, ob radioaktiver Müll überhaupt für hunderttausende oder gar Millionen von Jahren sicher von der Biosphäre ferngehalten werden kann, ist letztlich eine philosophische. Sie sprengt das menschliche Vorstellungsvermögen. Die Zeit der Pyramiden liegt gerade 5000 Jahre zurück. Dennoch ist klar: Weil der Atommüll existiert und es absolute Gewissheit in dieser Frage nicht geben kann, muss die nach heutigem Wissen beste technische Möglichkeit gesucht und gefunden werden. Ausweichreaktionen jedenfalls helfen nicht weiter. Eine solche ist zweifellos die so genannte Transmutation. Ihre Verfechter schlagen vor, die gefährlichsten und langlebigsten Abfallstoffe der Nukleartechnik in eigens zu diesem Zweck errichteten Reaktoren zu spalten und auf diesem Wege in solche Radioisotope umzuwandeln, die nur noch einige Jahrhunderte strahlen. Schon seit Jahrzehnten wird diese Möglichkeit von einer wissenschaftlichen Minderheit ins Spiel gebracht. Doch selbst ihre Anhänger glauben vermutlich nicht wirklich an eine entscheidende Verminderung der gefährlichsten Hinterlassenschaft der Atomtechnik. Für die Transmutationstechnik müssten zunächst neuartige Wiederaufarbeitungsanlagen errichtet werden, in denen der hochradioaktive Isotopencocktail aus den Atomkraftwerken in einem komplexen chemischen Prozess erheblich ausdifferenzierter in einzelne Elemente zerlegt werden müsste als in bestehenden Anlagen. Die Plutoniumfabriken von La Hague und Sellafield erschienen dagegen eher wie simple Chemielabors. Außerdem müsste ein Arsenal von Reaktoren entwickelt werden, in denen die abgetrennten Isotope selektiv mit so genannten Schnellen Neutronen bombardiert, gespalten und in weniger gefährliche Radionuklide umgewandelt würden. Selbst wenn die technische Realisierung derartiger Anlagen gelänge: Niemand könnte und wollte eine solche atomare Infrastruktur bezahlen. Ebenso unbestreitbar wäre dieser Entsorgungspfad mit weit größeren Risiken verbunden als die heute in vielen Ländern der Welt verfolgte direkte Endlagerung in sorgsam gewählten Tiefenlagern. Dass die Idee der Transmutation trotzdem vor allem in Frankreich und Japan überlebt, hängt denn auch mehr mit den noch nicht endgültig ausgeräumten Brüder-Visionen eines Teils der Nuclear Communities dieser Länder zusammen als mit einer ernsthaften Realisierungsperspektive.

Erst allmählich und zögerlich setzt sich in den größten Kernenergieländern die Erkenntnis durch, dass die Auswahl eines Endlagerstandorts nicht nur ein technisch-wissenschaftliches Problem darstellt. Keines der nationalen Standort-Auswahlverfahren, die zumeist in den siebziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts gestartet wurden, hat bisher zu einem genehmigten Endlager geführt. Der Grund: Viel zu lange wurden gesellschaftliche Widerstände, demokratische Partizipation und Transparenz bei der Standortwahl missachtet oder verweigert. Der Versuch, aus diesen Fehlern zu lernen, führte in Deutschland zur Entwicklung und Formulierung eines mehrstufigen Auswahlverfahrens mit kontinuierlicher Beteiligung der Öffentlichkeit. Ob das Konzept, auf das sich Wissenschaftler aus dem Lager der Kernenergie-Befürworter und dem der Gegner nach Jahren intensiver Debatten im Jahr 2002 verständigten, eine Realisierungschance erhält, ist derzeit unsicher. Die im Herbst 2005 ins Amt gewählte deutsche Bundesregie-

rung aus CDU/CSU und SPD hat die Frage, ob neben dem bereits seit den achtziger Jahren vorbereiteten Endlager im Salzstock von Gorleben alternative Standorte ernsthaft untersucht werden sollen, zunächst verschoben.

Relativ weit fortgeschritten sind derzeit die Endlagerpläne in Finnland und den USA. Allerdings wird über das gigantische Endlager von Yucca Mountain in Nevada bereits seit Jahrzehnten gestritten. Das im finnischen Olkiluoto weitgehend fertiggestellte Endlager profitiert von der vergleichsweise hohen Akzeptanz der örtlichen und regionalen Bevölkerung. Das seit vielen Jahren am selben Standort ohne größere Zwischenfälle betriebene Atomkraftwerk und ein bereits arbeitendes Endlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle haben die Mehrheit der Anwohner beruhigt.

Der angebliche Brennstoffkreislauf ist jedoch nicht nur an seinem hinteren Ende offen. Er erwies sich von Anbeginn an auch an seinem Startpunkt als hoch problematisch. Der Uranbergbau zur Gewinnung des Spaltstoffs für die Bombe und später die zivile Nutzung in Atomkraftwerken forderte vor allem anfangs immense Opfer. Große Mengen radioaktiver Nuklide, die zuvor abgeschirmt unter der Erdoberfläche gebunden waren, gelangten in die Biosphäre. Bei einer Fortsetzung oder gar erheblichen Ausweitung des Kernenergieeinsatzes werden die gesundheitlichen und ökologischen Folgekosten des Uranbergbaus voraussichtlich wieder erheblich zunehmen.

Die Jagd nach dem insgesamt nicht außergewöhnlich seltenen, aber nur in wenigen Lagerstätten in abbauwürdiger Konzentration verfügbaren Schwermetall begann bald nach dem 2. Weltkrieg. Die verheerende Wirkung der US-amerikanischen Atombombenabwürfe über Japan hatte die Ambitionen der Siegermächte, sich den Zugriff auf die strategische Ressource zu sichern, nicht etwa gebremst, sondern zusätzlich angeheizt. Gewaltige Anstrengungen wurden unternommen, um den Zugang zu den Uranressourcen zu erweitern und abzusichern. Rücksichten auf die gesundheitlichen Folgen für die Minenarbeiter oder gar die Umwelt spielten unter den damaligen Bedingungen nur eine untergeordnete Rolle. Die USA beuteten Minen im Inland und im benachbarten Kanada aus, die Sowjetunion entwickelte den Uranbergbau in der DDR, der Tschechoslowakei, in Ungarn und Bulgarien. Tausende Bergarbeiter starben nach langjähriger Schwerstarbeit in schlecht belüfteten, staubigen und mit hohen Konzentrationen des radioaktiven Gases Radon belasteten Stollen qualvoll an Lungenkrebs. Betroffen waren insbesondere Kumpel der ostdeutschen „Wismut“, wo zeitweise über 100.000 Menschen beschäftigt waren. Weil sich die Urankonzentrationen in den Minen meist nur im Bereich von wenigen Zehntel-Prozent bewegten, fielen große Mengen Abraum an. Die aufgeschlossenen Uranerze enthielten vergleichsweise hohe Konzentrationen des radioaktiven Gases Radon und anderer strahlender Nuklide, die beim Abbau freigesetzt wurden. Die Folge: Schwere radiologische Dauerbelastungen nicht nur der Bergleute selbst, sondern auch der Umgebung und der dort lebenden Menschen. Chemische Uran-Extraktionsverfahren mit flüssigen Reagenzien, die die Umgebung, die Oberflächengewässer und das Grundwasser belasteten, verschärften die Probleme.

Die Situation verbesserte sich zunächst mit dem in den siebziger Jahren einsetzenden Boom der nuklearen Stromproduktion. Regierungen waren fortan nicht mehr die einzi-

gen Abnehmer des Spaltstoffs. Ein privater Uran-Markt konnte sich entwickeln, so dass die militärisch-strategische Sonderstellung des Uranbergbaus nicht mehr als Grund für besonders harsche Abbaubedingungen vorgeschoben werden konnte. Mit dem Ende des Kalten Krieges änderten sich die Verhältnisse noch einmal grundlegend. Die militärische Nachfrage nach Uran brach massiv ein. Nicht mehr benötigte Lagerbestände der USA und aus der früheren Sowjetunion wurden in den zivilen Spaltstoffmarkt eingespeist. Außerdem standen wegen der Erfolge bei der atomaren Abrüstung bald große Mengen an Bombenuran mit hohem Spaltstoffanteil aus eingemotteten sowjetischen und amerikanischen Atomwaffen zur Verfügung. Die Folge war und ist das vielleicht umfassendste, jemals umgesetzte Konversionsprogramm von Kriegswaffen in den zivilen Wirtschaftskreislauf. Der brisante Bombenstoff wird in großem Stil mit natürlichem oder dem so genannten abgereicherten Uran (Uran-238 aus dem das spaltbare Isotop Uran-235 zuvor extrahiert worden war) „verdünnt“ und anschließend als Brennstoff in konventionellen Atomkraftwerken eingesetzt. Infolge dieser völlig neuen Situation am Uranmarkt brach der Weltmarktpreis für Reaktoruran massiv ein. Nur noch Lagerstätten mit vergleichsweise hohen Urankonzentrationen überlebten. Bis ins Jahr 2005 hinein stammte fast die Hälfte des weltweit in Atomkraftwerken gespaltenen Urans nicht mehr aus angereichertem, „frischem“ Uranerz, sondern aus der kriegerischen Hinterlassenschaft der Supermächte.

Andererseits ist absehbar, dass die militärischen Uranbestände aus der Zeit des Kalten Krieges in wenigen Jahren aufgebraucht sein werden. Ein erneuter kräftiger Anstieg der Uranpreise hat bereits eingesetzt und wird sich noch verstärken. Neben der Wiedereröffnung eingemotteter Bergwerke müssten bei einem Weiterbetrieb der Atomkraftwerke auf heutigem Niveau oder gar einem Ausbau des globalen Reaktorarsenals neue, immer weniger ertragreiche Lagerstätten aufgeschlossen werden, die tendenziell immer weniger Uran und immer mehr prekären Abraum mit einem überdurchschnittlichen Gehalt an radioaktiven Isotopen produzieren – ein Problem für die Gesundheit der Menschen und die Umwelt in den betroffenen Regionen. Außerdem benötigt die Industrie für eine Ausweitung ihrer Uran-Förderkapazitäten Zeit, die sie im Falle eines raschen Ausbaus der weltweiten Atomenergiekapazität nicht hätte. Weil die Explorationsanstrengungen – ähnlich wie in Zeiten billigen Öls – auch beim Uran in Folge des militärischen Überschuss-Angebots massiv heruntergefahren wurden, existieren heute nur relativ wenige bekannte Lagerstätten. Außerdem vergehen zwischen dem Auffinden eines Uranlagers und dem Beginn der Förderung im Durchschnitt noch einmal mindestens zehn Jahre. Der bevorstehende Engpass in der Uranversorgung verschärft sich aufgrund eines massiven Ungleichgewichts zwischen Förder- und Verbraucherländern. Weltweit sind Kanada und Südafrika die beiden einzigen Staaten, die die Atomenergie zur Stromproduktion einsetzen und nicht auf Uran-Importe angewiesen sind. Die wichtigsten Atomkraft-Nationen verfügen entweder über so gut wie gar keine eigene Uranförderung (Frankreich, Japan, Deutschland, Südkorea, Großbritannien, Schweden, Spanien) oder über erheblich weniger Kapazitäten als sie für den dauerhaften Betrieb ihrer Reaktoren benötigen (USA, Russland). Atomkraft ist, bezogen auf die Brennstoffversorgung, fast nir-

gends auf der Welt eine heimische Energiequelle. Insbesondere Russland läuft Gefahr, schon in 15 Jahren in eine ernste Uran-Versorgungskrise zu rutschen. Ein Umstand, der auf die AKW-Betreiber in der EU ausstrahlen könnte, die derzeit rund ein Drittel ihres Brennstoffs von dort beziehen. Neben Russland könnten auch China und Indien in einen Versorgungsengpass laufen, wenn beide ihr Reaktorarsenal wie angekündigt ausbauen. Nach all dem ist klar: Weder die Ver- noch die Entsorgung der auf der Welt betriebenen Atomkraftwerke kann als dauerhaft gesichert gelten. Der in einigen Ländern diskutierte und von manchen Regierungen betriebene Zubau neuer Reaktoren würde die Probleme verschärfen. Weil die Uranvorräte knapp und zu großen Teilen nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand abzubauen sind, muss einer dezidierten Ausbaustrategie sehr bald der endgültige Einstieg in die Plutoniumwirtschaft folgen – mit flächendeckender Wiederaufarbeitung und dem Schnellen Brüter als Standardreaktor. Ein solcher Entwicklungspfad würde die Probleme der Gegenwart potenzieren. Er würde schließlich die Menge der dauerhaft zu lagernden hochradioaktiven Abfälle vervielfachen. Die Endlagerung müsste auf mehr Standorte mit einem insgesamt entsprechend größeren Einlagerungsvolumen ausgedehnt werden.

7 Nuklearer Klimaschutz: Ratschläge vom Milchmädchen

Entscheidend für die in einigen Industriestaaten neu entflammte Auseinandersetzung um die zukünftige Rolle der Atomenergie ist ihr Potenzial zur Reduzierung der globalen Treibhausgase. Dieses Potenzial ist es, das die Verfechter der Nukleartechnik nach Jahrzehnten der Stagnation auf eine „Renaissance der Kernenergie“ hoffen und drängen lässt. Atomkraftwerke erzeugen bei ihrem Betrieb nur wenig Kohlendioxid (CO₂). Den Anhängern der Atomenergie gelten sie deshalb als unverzichtbarer Baustein zur Eindämmung der globalen Klimaerwärmung. Oder umgekehrt: Der Treibhauseffekt befeuert die Hoffnung, die seit Jahrzehnten andauernde Flaute bei der Atomenergie erst zu stoppen und schließlich umzukehren. „Eine Energie-Agenda, die über den Tag hinaus trägt“, sinniert etwa Wulf Bernotat, der Vorstandsvorsitzende des Düsseldorfer Konzerns E.ON Ruhrgas, „muss sich mit dem Zielkonflikt zwischen Atomausstieg und drastischer Reduzierung des CO₂-Ausstoßes befassen.“¹¹ Beides gleichzeitig gehe nicht. Das sei pure Illusion. Aber wie viele andere Protagonisten der traditionellen Energiewirtschaft arbeitet der Chef des größten privaten Energiekonzerns der Welt damit am wichtigsten Argument zur Fortführung der nuklearen Stromerzeugung. Es lautet: Klimaschutz ist ohne den Einsatz der Atomenergie zum Scheitern verurteilt. Wer die Renaissance der nuklearen Stromerzeugung aus guten anderen Gründen nicht will, muss auch die Frage beantworten, ob der genannte Zielkonflikt in der von den Atomenergie-Anhängern beschworenen Zuspitzung existiert.

An der Realität des Klimaeffekts sind Zweifel nach Überzeugung der überwältigenden Mehrheit der Experten nicht mehr erlaubt. Zu seiner Eindämmung auf ein für die

¹¹ Berliner Zeitung, 3. Dezember 2005

Menschheit und die globalen Ökosysteme erträgliches Maß – keine globale Temperaturerhöhung um mehr als zwei Grad Celsius gegenüber der vorindustriellen Zeit – sind in den kommenden Jahrzehnten fundamentale Einschränkungen der CO₂-Emissionen unausweichlich. In den Industriestaaten schlagen die Klimaexperten Reduktionen von 80 Prozent bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts vor. In den sich entwickelnden Schwellenländern muss wenigstens der massive Anstieg begrenzt werden. Die bevölkerungsreichen Länder des Südens dürfen bei ihrem berechtigten Streben nach Wohlstand den energieintensiven, auf der Bereitstellung fossiler Energie basierenden Entwicklungspfad der alten Industriestaaten des Nordens nicht einfach kopieren. Zu beantworten ist demnach die Frage: Ist das Potenzial der Kernenergie zur Eindämmung der globalen Klimagasemissionen so groß und so alternativlos, dass die unbestrittenen Großrisiken dieser Technik dafür in Kauf zu nehmen sind?

Die Situation wird kompliziert durch die Tatsache, dass der globale Klimaeffekt und die Möglichkeit schwerster Unfälle in Atomanlagen zwar Großrisiken unterschiedlicher Art darstellen, ihre Realisierung aber jeweils beispiellose und andauernde Verheerungen zur Folge hätte. Während sich die Klimaerwärmung ohne ein massives Gegensteuern in den vor uns liegenden Jahrzehnten mit hoher Sicherheit beschleunigt und weltweit unterschiedliche, weit überwiegend aber dramatische Veränderungen zum Schlechteren bewirkt, unterliegt der große kerntechnische Unfall schwer fassbaren Wahrscheinlichkeiten. Wenn er eintritt, hat auch er verheerende, lang anhaltende und für das betroffene Land allein kaum zu bewältigende Konsequenzen. Zu rechnen ist auch mit massiven Rückwirkungen auf die Weltwirtschaft. Das hat schon das Desaster von Tschernobyl bewiesen, dass sich eher an der Peripherie der ökonomischen Kernzonen ereignete. Nach den Statistiken der Wiener Atombehörde IAEA waren Ende 2005 weltweit 443 Atomreaktoren mit einer elektrischen Leistung von knapp 370.000 Megawatt elektrischer Leistung in Betrieb. Doch der Ausbau, vor allem in den westlichen Industriestaaten, stagniert zum Teil schon seit Jahrzehnten. Die OECD geht davon aus, dass sich daran bis 2030 wenig ändert. Sie rechnet mit einem durchschnittlichen Zuwachs der globalen Kapazität von 600 Megawatt pro Jahr. Für diesen marginalen Ausbau müssten, weil gleichzeitig alte Meiler stillgelegt werden, jährlich rund 4.000 bis 5.000 Megawatt zugebaut werden, also drei bis vier große Kraftwerke. Weil nach den Prognosen der Internationalen Energie-Agentur IEA (einer OECD-Organisation) der Weltstrombedarf im selben Zeitraum weiter kräftig ansteigt, schrumpft der Anteil der Atomenergie sogar von etwa 17 Prozent im Jahr 2002 auf nur noch 9 Prozent im Jahr 2030. Das Fachblatt *Nuclear Engineering International* machte im Juni 2005 noch eine andere Rechnung auf: Weil zu diesem Zeitpunkt bereits 79 Reaktoren seit mehr als 30 Jahren am Netz waren, werde es „praktisch unmöglich sein, die Zahl der Atomkraftwerke in den nächsten 20 Jahren konstant zu halten“¹². Allein um den Status quo zu stabilisieren, müssten demnach wegen anstehender Stilllegungen in den kommenden zehn Jahren 80 neue Reaktoren geplant, gebaut und in Betrieb genommen werden – alle sechs Wochen einer. Im dann nachfolgenden Jahrzehnt müssten sogar 200 Meiler ans Netz gehen – alle 18

¹² Nuclear Engineering International, Juni 2005

Tage einer. Atomkraft als Mittel gegen den Klimakollaps wird so kurz- und mittelfristig zur reinen Illusion.

Dennoch wurden in einigen Langzeitstudien Szenarien entwickelt, in denen das Reduktionspotenzial der Atomenergie unter den Bedingungen ehrgeiziger globaler Klimaschutzziele untersucht wird. Eine Verzehnfachung der Atomstromerzeugung bis 2075 würde beispielsweise bedeuten, dass bis zur Mitte des Jahrhunderts jedes Jahr 35 neue Großmeiler ans Netz gebracht werden. Eine im Vergleich dazu fast schon moderate Ausbaustrategie auf 1,06 Millionen Megawatt (1060 Gigawatt) elektrischer Leistung bis 2050 entspräche einer Verdreifachung der Kernkraftwerksleistung gegenüber dem Status quo. Im Vergleich zum normalen Ausbau der globalen Stromerzeugung mit Kohle- und Gaskraftwerken könnten so im Jahr 2050 rund fünf Milliarden Tonnen CO₂ eingespart werden. Gemeinsam ist solchen Überlegungen, dass sie mit der nuklearen Realität und den Erfahrungen der Vergangenheit rein gar nichts zu tun haben.

25 bis 40 Milliarden Tonnen CO₂ müsste die Welt im Jahr 2050 einsparen, wenn man die Prognosen der IEA und die Forderungen der Klimaforscher des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) den Schätzungen zugrunde legt. Würden ab sofort tatsächlich weltweit alle verfügbaren Mittel in den Ausbau der Atomenergie gelenkt, um zum Beispiel das oben erwähnte Szenario einer Verdreifachung der Atomstromproduktion bis 2050 zu realisieren, könnte Elektrizität aus der Kernspaltung zur Mitte des Jahrhunderts immerhin mit 12,5 bis 20 Prozent zur Klimaentlastung beitragen. Das wäre nicht marginal, würde aber andererseits auch nicht ausreichen, um andere Optionen zur Eindämmung des Klimaeffekts überflüssig zu machen. Ein solcher Erfolg wäre nicht nur ökonomisch teuer erkaufte. So würden außerdem

- neue technische Katastrophenherde in großer Zahl über den Globus verteilt;
- in Entwicklungs-, Schwellenländern und Krisenregionen neue Ziele für kriegerische und terroristische Übergriffe geschaffen;
- die Endlagerprobleme und die Gefahr der unkontrollierten Weiterverbreitung von Atomwaffen in allen Weltregionen eine neue Dimension erhalten;
- wegen der knappen Uran-Vorräte die heute üblichen Leichtwasserreaktoren schon bald flächendeckend von einer für katastrophale Unfälle und terroristische oder kriegerische Eingriffe noch verwundbareren Plutoniumwirtschaft mit Wiederaufarbeitung und Schnellen Brutreaktoren abgelöst;
- enorme Finanzmittel statt in die Armutsbekämpfung in den Krisenregionen der Welt für den Ausbau einer atomaren Infrastruktur eingesetzt.

Eine solche Strategie wäre angesichts der offensichtlich schweren Nebenwirkungen allenfalls dann diskussionswürdig, wenn ein vergleichbarer Effekt mit anderen, weniger problematischen Maßnahmen zur Eindämmung des Klimaeffekts nicht zur Verfügung stünde. Das ist aber nach allem, was man heute weiß, nicht der Fall. Selbst ambitionierte Ziele zur Eindämmung der Treibhausgase können nach realistischen Abschätzungen ohne einen Beitrag der Atomenergie erreicht werden. Reduktionen um 40 bis 50 Milli-

arden Tonnen Kohlendioxid (bei einem Reduktionsbedarf von 25 bis 40 Milliarden Tonnen) sind demnach bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts möglich, wenn

- die Energieeffizienz in Gebäuden verbessert wird;
- die Industrie ihre Energie- und Materialeffizienz auf den Standard bereits heute verfügbarer Technik verbessert;
- die Energieeffizienz im Verkehrssektor entsprechend erhöht wird;
- Effizienzspielräume im Energiesektor bei der Erzeugung und in der Anwendung besser ausgeschöpft werden;
- bei der Stromerzeugung verstärkt Erdgas statt Kohle oder Öl („fuel switch“) eingesetzt wird;
- die Erneuerbaren Energien aus Sonne, Wind, Wasser, Biomasse und Geothermie im Strom- und Wärmesektor systematisch ausgebaut werden;
- und schließlich die „Clean Coal-Technologie“ (bei der das bei der Kohleverbrennung in Kraftwerken entstehende Kohlendioxid abgeschieden und endgelagert wird) zur Anwendungsreife entwickelt und großtechnisch eingesetzt wird.

Aufwendige Untersuchungen einer Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages aus dem Jahr 2002 ergaben, dass für ein Industrieland wie Deutschland CO₂-Reduktionen um 80 Prozent bis zur Jahrhundertmitte mit verschiedenen Strategien und Instrumenten realisiert werden können. Die umfassende Verbesserung der Energieeffizienz erweist sich dabei in allen Varianten als ebenso unverzichtbar wie der massive Ausbau Erneuerbarer Energien. Dagegen fand die Kommission keine Anhaltspunkte dafür, dass für eine erfolgreiche Klimaschutzstrategie die Fortführung oder gar der Ausbau der Kernenergie von entscheidender Bedeutung sein könnte. Ein großer oder wachsender Anteil von Atomenergie an der Stromerzeugung kann sich für eine erfolgreiche Klimaschutzstrategie sogar als kontraproduktiv erweisen. Deren unverzichtbare Bausteine Erneuerbare Energien und Energieeffizienz sind mit großen, zentralen Grundlastkraftwerken, wie sie Atomkraftwerke darstellen, nur schwer vereinbar. Die fluktuierenden Erneuerbaren Energien Wind und Sonne benötigen ab einer bestimmten Ausbaustufe Kraftwerke mit einer flexiblen Leistungssteuerung, wie etwa moderne Gaskraftwerke, um die Leistungsschwankungen auszugleichen und ein Stromnetz, das die veränderte geografische Lage und insgesamt dezentralere Struktur der Elektrizitätserzeugung widerspiegelt.

Außerdem wäre ein umfassender Ausbau der Atomenergie – nur er, nicht eine mühsame Stagnation auf gegenwärtigem Niveau, könnte die nukleare Stromproduktion zu einem wirksamen Faktor im Klimaschutz machen – mit massiven ökonomischen Unsicherheiten verbunden. Denn dafür müsste die Branche in wenigen Jahrzehnten den Übergang von den gegenwärtigen Leichtwasserreaktoren hin zu Brütertechnik und Wiederaufarbeitung bewältigen, an dem sie bereits einmal gescheitert ist. Keine andere Technologie existiert darüber hinaus unter einem vergleichbaren Damoklesschwert: Ein einziger

schwerer Unfall oder terroristischer Angriff wäre ausreichend, um die Akzeptanz für diese Technologie national oder sogar international endgültig zusammenbrechen zu lassen. Voraussichtlich müsste ein Großteil der Reaktoren vorzeitig stillgelegt werden. Schließlich verhindert der Endlosstreit um die Atomenergie in wichtigen Industriestaaten die unverzichtbare Hinwendung zu einer konsistenten Effizienzstrategie. Insgesamt ist national wie international eine politische Strategie möglich und auch zielführend, die beide Großrisiken, die der globalen Klimaänderung und die katastrophaler Atomunfälle, gleichermaßen minimiert. Das spezifische Gefahrenpotenzial der Atomenergie macht jede Klimaschutzstrategie, die sie einschließt, weniger robust und innovativ als eine Strategie ohne die nukleare Option.

8 Billige Atomkraft: Wenn der Staat die Rechnung zahlt

Atomkraftwerke gehören als mehr oder weniger gewichtiger Bestandteil der Elektrizitätsversorgung zur Basis des ökonomischen Systems der Länder, die sie nutzen. Deshalb entscheidet, wo nicht sachfremde strategische oder militär-strategische Interessen eine Rolle spielen, vor allem die Energiewirtschaft über ihre Zukunft. Und die tut es im Normalfall entlang nüchterner betriebswirtschaftlicher Erwägungen. Die Frage, ob die nukleare Stromproduktion einer Lizenz zum Gelddrucken gleichkommt oder doch eher zu einem Fass ohne Boden wird, entscheidet sich nach den jeweiligen Umständen: Produziert der Reaktor schon zwanzig Jahre zuverlässig Strom und es besteht Grund zu der Annahme, dass er das noch mal so lange tut, trifft eher das erste zu. Jedenfalls solange sich das jedem Nuklearbetrieb innewohnende latente Katastrophenrisiko nicht realisiert. Muss das Atomkraftwerk erst gebaut werden und soll es noch dazu eine neue Baureihe eröffnen, dann empfiehlt es sich, die Finger von einem solchen Projekt zu lassen. Es sei denn, es gelingt, die finanziellen Unwägbarkeiten auf Dritte abzuwälzen.

Für Investoren, die heute in einem marktwirtschaftlichen Umfeld vor der Entscheidung zum Ersatz- oder Neubau ihrer Kraftwerkskapazität stehen, gehören Atomkraftwerke ganz offensichtlich nicht zur ersten Wahl. Dafür spricht die Empirie. In den USA haben die Reaktorbauer seit 1973 keine Bestellung mehr entgegengenommen, die später nicht wieder annulliert wurde. In Westeuropa warteten die Reaktorhersteller – außerhalb Frankreichs – bis 2004 ein Vierteljahrhundert auf einen Neubau-Auftrag. Jetzt gibt es einen im finnischen Olkiluoto. Insgesamt waren nach Angaben der Internationalen Atomenergie-Agentur IAEA im Jahr 2005 weltweit 28 Atomkraftwerke mit einer Gesamtkapazität von etwa 27.000 Megawatt im Bau. Fast die Hälfte dieser Vorhaben dümpeln schon 18 bis 30 Jahre vor sich hin. Von einer ganzen Reihe von ihnen nimmt niemand mehr an, dass sie jemals Strom liefern werden – normalerweise nennt man so etwas Bauruinen. Die verbleibenden Kraftwerksprojekte, mit deren Fertigstellung in den nächsten Jahren ernsthaft gerechnet werden kann, entstehen fast alle in Ostasien in einem nicht oder nur sehr bedingt marktwirtschaftlichen Umfeld. Kurz: Die nukleare Auftragslage ist niederschmetternd. Sie ist es noch mehr angesichts des Kontrastpro-

gramms: Weltweit erhöhten sich die Stromkapazitäten seit der Jahrtausendwende um jährlich rund 150.000 Megawatt installierte Kraftwerksleistung. Atomkraft hatte daran einen Anteil von gerade zwei Prozent. In den USA gingen allein zwischen 1999 bis 2002 konventionelle, fossil befeuerte Kraftwerke mit einer Leistung von 144.000 Megawatt ans Netz. In China wurde in den drei Jahren zwischen 2002 und 2005 ein kohlebefuehrter Kraftwerkspark mit 160.000 Megawatt Gesamtleistung neu errichtet. Selbst die erst im Aufbau befindliche Windindustrie brachte es allein 2005 weltweit auf eine Neubauleistung von mehr als 10.000 Megawatt.

So marginal sich die Rolle der Atomenergie angesichts eines gigantischen globalen Zubaus von Kraftwerkskapazität darstellt, so entschlossen kämpfen die Betreiber für den Erhalt der bestehenden Meiler weit über die ursprünglich geplanten Laufzeiten hinaus. Zwar erreichte das Durchschnittsalter aller im Jahr 2005 betriebenen Reaktoren gerade mal 22 Jahre. Das hinderte den früheren Siemens-Vorstandschef Heinrich von Pierer im Bundestagswahlkampf desselben Jahres nicht daran, der Kanzlerkandidatin Angela Merkel trotz des in Deutschland vereinbarten Atomausstiegskonsenses Betriebszeiten von 60 Jahren ans Herz zu legen. Schließlich plädieren inzwischen die meisten AKW-Verfechter in Europa und Amerika für diese Marke. Für die Mehrzahl der 103 Atomkraftwerke in den USA sind nach Angaben der IAEA entsprechend verlängerte Laufzeiten entweder bereits genehmigt, beantragt oder sollen beantragt werden. Von Pierer führte für seinen Vorstoß Gründe der „ökonomischen Vernunft“ an. Und die gibt es in der Tat. Solange keine schweren Störfälle auftreten, teure Reparaturen oder der Austausch zentraler Komponenten wie der Dampferzeuger aus Verschleiß- oder Korrosionsgründen notwendig werden, solange kann Strom aus alten, längst abgeschriebenen Meilern der 1000-Megawatt-Klasse fast konkurrenzlos günstig produziert werden. Eine Laufzeitverlängerung zögert darüber hinaus das so genannte „dicke Ende der Atomenergie“ hinaus. Gemeint sind Stilllegung und Abriss der großen Reaktoren, die nicht nur sicherheitstechnisch, sondern auch finanziell eine echte Herausforderung sein können. Weil die laufenden Brennstoffkosten beim Betrieb von Atomkraftwerken zudem weniger ins Gewicht fallen, rechnen die Betreiber mit satten Zusatzrenditen. Könnten die Meiler in Deutschland statt der im Ausstiegsvertrag ausgehandelten 32 Jahre schließlich 45 Jahre am Netz bleiben – das entspricht der durchschnittlichen Lebenszeit fossiler Großkraftwerke – ergäbe sich für die Branche ein hübscher Zusatzgewinn von etwa 30 Milliarden Euro. Solche Zahlen erklären die in vielen Ländern von den AKW-Betreibern forcierte Debatte über längere Laufzeiten. Mit einer möglichen Renaissance der Atomenergie hat das Geschacher allerdings nichts zu tun. Eher mit dem Gegenteil. Die Forderungen nach einer „Nachspielzeit“ belegen, dass die Atomkraftbetreiber aus ökonomischer Einsicht vor Investitionen in neue Atomkraftwerke zurückschrecken. Statt in neue nukleare oder nicht-nukleare Technologien zu investieren, zehren die Unternehmen von der Substanz, ohne Rücksicht auf die wachsende Störfallanfälligkeit ihrer Reaktoren.

Der seit Jahrzehnten anhaltende Niedergang der Atomenergie-Konjunktur ist somit keinesfalls gestoppt. In den USA und Westeuropa gibt es eine einzige Neubaustelle an der

finnischen Ostseeküste. Auf sie wird noch zurückzukommen sein. Gleichzeitig häufen sich in den vergangenen Jahren aufwändige Studien, die eine Konkurrenzfähigkeit neuer Atomkraftwerke gegenüber der fossilen Konkurrenz nahelegen. Ihr Manko: Glauben schenken diesen Zukunftsprognosen bisher allenfalls die Autoren und ihre Auftraggeber – nicht jedoch die potenziellen Finanziers neuer Kraftwerksvorhaben. Das ist der erste Grund für die beispiellose Unsicherheit über die wahren Kosten einer neuen Generation von Atomkraftwerken: Es gibt kaum verlässliche Daten über die großen Kostenblöcke, insbesondere die Errichtungskosten, die Entsorgungs- und Abrisskosten sowie die laufenden Kosten für Betrieb und Wartung. Das liegt einerseits daran, dass praktisch alle veröffentlichten Abschätzungen von Analysten mit einem hohen Maß an Skepsis bewertet werden. Denn diese Zahlenreihen stammen in aller Regel von den Herstellern, die Kraftwerke verkaufen wollen und deshalb nach außen eher zu niedrig als zu hoch kalkulieren. Oder von Regierungen, Verbänden und Lobbygruppen, die die ungeliebte Atomenergie den Bürgerinnen und Bürgern wenigstens über den angeblich zu erwartenden niedrigen Strompreis ans Herz legen wollen.

Doch es gibt auch objektive Probleme jenseits der Interessen: Weil bisher jede neue Reaktorbaureihe mit kostentreibenden Kinderkrankheiten und in der Folge lang andauernden Stillstandszeiten zu kämpfen hatte, mustern potenzielle Finanziers die stets erfreulich optimistischen Vorhersagen der Hersteller neuer Meiler mit immensem Unbehagen. Die „Performance“ eines neuen Kraftwerks ist nicht vorherzusagen. Noch viel mehr gilt dies für neue Reaktortypen, die auf weitgehend neuer und damit unerprobter Technik basieren. Während sich also bei fast allen anderen technologischen Entwicklungen – auch jenseits des Segments der Kraftwerkstechnik – die Hersteller auf einer „Lernkurve“ relativ kontinuierlich und vorhersagbar zu immer günstigeren Preisen bewegen, fangen die Reaktorhersteller ein halbes Jahrhundert nach dem Start der kommerziellen Kernspaltung immer wieder von vorne an. In den siebziger und achtziger Jahren boten die Reaktorhersteller deshalb immer größere Meiler an, in der teilweise berechtigten Annahme, sie würden den Strom insgesamt kostengünstiger erzeugen als kleinere Einheiten. Doch gelöst hat das Ausweichen auf die „Economy of Scale“ das Problem letztlich nicht. Ein klarer Trend zu immer kostengünstigeren Reaktoren blieb bis heute aus. Inzwischen verschärft sich die Situation dadurch, dass wegen der andauernden Flaute auf dem nuklearen Kraftwerksmarkt AKW-Baureihen mit weiterentwickelter Technologie nur noch als Blaupausen – oder zeitgerecht als Computeranimationen – existieren. Dieses Dilemma erhöht wiederum die Unwägbarkeiten für potenzielle Geldgeber. Nicht nur sicherheitstechnisch, auch finanztechnisch wird Atomkraft auf diese Weise zu einer Hochrisikotechnologie.

So ist allenfalls noch Risikokapital mit einem Reaktorneubau anzulocken, zu entsprechend hohen Preisen. Die Kapital- werden neben den Baukosten der zweite große Brocken bei der Finanzierung eines Atomkraftwerks. Auch dieses Problem hat sich mit der Liberalisierung der Energiemärkte in wichtigen Industriestaaten zugespitzt. Denn während die Investoren zu Zeiten großer, staatlich abgesicherter Monopolstrukturen davon ausgehen konnten, dass ihr Kapital auch bei schlechter Performance eines Meilers letzt-

lich immer von den Stromverbrauchern refinanziert werden würde, ist das in einem liberalisierten Strommarkt nicht mehr der Fall. Atomkraft mit seinen exorbitant hohen Anfangsinvestitionen und Jahrzehnte dauernden Kapitalrücklaufzeiten passt nicht zu liberalisierten Märkten. Die Kapitalkosten explodieren – sofern die potenziellen Finanziere es nicht gleich vorziehen, in andere Technologien zu investieren, die diese Probleme nicht aufweisen. Tatsächlich sind in vielen Ländern, in denen hocheffiziente Gaskraftwerke in den vergangenen beiden Dekaden einen massiven Boom erlebten, die Errichtungskosten pro installierter Kilowattstunde entscheidend niedriger, ist die Frist zwischen Auftragsvergabe und Betriebsbeginn kurz, werden die Anlagen größtenteils unter „kontrollierten Bedingungen“ in Fabriken in Serie gefertigt. Weil darüber hinaus die Brennstoffkosten für Erdgas, die an den Gesamtkosten einen höheren Anteil ausmachen als der Brennstoff Uran in Atomkraftwerken, vergleichsweise günstig waren, hatten Atomkraftwerke praktisch keine Chance.

Ein ganzes Bündel weiterer Unwägbarkeiten macht Atomkraftwerke für jeden Investor zu einem Vabanque-Spiel. So sind die Fristen zwischen der Investitionsentscheidung und dem Start des kommerziellen Betriebs bei keiner anderen Kraftwerkstechnologie annähernd so lang. Es kann immense Planungsprobleme geben, Verzögerungen bei der Genehmigung, weil die zuständigen Behörden unter öffentlicher Beobachtung besonders penibel vorgehen, weil neue, sicherheitsrelevante Erkenntnisse eine Revision der Genehmigungsmodalitäten notwendig machen oder Atomkraftgegner vor den Gerichten obsiegen. Die Bauentscheidung über den jüngsten britischen Reaktor Sizewell B beispielsweise fiel 1979, der kommerzielle Betrieb startete 16 Jahre später. Wenn ein Prototyp in Betrieb geht, ist nicht einmal sicher, ob er die vorausberechnete Leistung wirklich erbringt, von der aber natürlich am Ende die Einnahmen abhängen. Wichtiger noch ist die Zuverlässigkeit, mit der der Reaktor über seine gesamte Betriebszeit zu Verfügung steht. Im Gegensatz zu den Kapitalkosten ist die so genannte Verfügbarkeit der Überprüfung zugänglich. Wann ein Atomkraftwerk in Betrieb ist und wie lange es wegen Revisionsarbeiten, wegen des Wechsels der Brennelemente oder infolge von Störfällen stillsteht, ist in der Regel bekannt. Die Verfügbarkeit berechnet sich aus den tatsächlich geleisteten Vollaststunden im Vergleich zu einem Betrieb des Meilers ohne jede Unterbrechung, angegeben in Prozent. Die von den Herstellern prognostizierten Verfügbarkeiten erwiesen sich dabei insbesondere bei den ersten Meilern einer Baureihe regelmäßig als zu hoch. Wenn ein Reaktor statt der vorhergesagten Verfügbarkeit von 90 nur 60 Prozent erreicht, steigen die Kosten um ein Drittel. Dazu kommen zusätzliche Wartungs- und Reparaturkosten. Nur etwa zwei Prozent aller Reaktoren erreichen Verfügbarkeiten von 90 Prozent oder mehr, etwa hundert kommen auf mehr als 80 Prozent. Auch das während der euphorischen Aufbruchzeiten von den Betreibern gern verbreitete Versprechen, Atomkraftwerke würden praktisch automatisch laufen und deshalb gegenüber anderen Kraftwerken vergleichbarer Leistung günstigere laufende Kosten aufweisen, hat sich als zu optimistisch erwiesen. Zwar machen die Brennstoffkosten nur einen relativ geringen Anteil der Gesamtbelastungen aus. Sie erhöhen sich allerdings, wenn statt „frischer“ Uranoxid- so genannte Mischoxid-Brennelemente mit einem ge-

wissen Anteil an Plutoniumoxid aus der Wiederaufarbeitung zum Einsatz kommen. Dagegen sind Betrieb und Wartung kostenträchtig, weil im Vergleich etwa zu Gaskraftwerken erheblich höhere Personalkosten anfallen. In den USA wurden Ende der achtziger, Anfang der neunziger Jahre sogar einige Atomkraftwerke stillgelegt, weil es sich als günstiger erwies, neue Gaskraftwerke zu errichten und zu betreiben.

Im Vergleich zu anderen Kraftwerkstechnologien fallen bei Atomkraftwerken auch noch nach dem Betrieb über Jahrzehnte massiv Kosten an: für die Entsorgung der radioaktiven Abfälle, für die Überwachung der stillgelegten Meiler, schließlich für den Abriss der Reaktoren nach einer mehr oder weniger langen „Abklingzeit“. All diese Mittel müssen während des Betriebs verdient und für den viel späteren Einsatz gesichert werden. Die Kosten, die dabei und für die Versicherung gegen mögliche Unfälle, aufgebracht werden, unterscheiden sich von Land zu Land. Erschwert wird ihre Abschätzung insbesondere dadurch, dass die normale Abdiskontierung über die hier erwarteten Zeiträume nicht funktionieren. Bei einer Diskontrate von 15 Prozent sind Kosten, die 15 Jahre oder mehr später anfallen, zu vernachlässigen. Da sie aber dennoch sicher in der realen Welt unserer Kinder anfallen werden, ist dies ein weiterer Ausgangspunkt von Unsicherheit bei der Reaktorfinanzierung und bei der Bestimmung der nuklearen Stromerzeugungskosten.

Die in einigen Ländern angelaufene Diskussion über eine mögliche Wiederbelebung der weltweiten Atomenergie-Konjunktur der siebziger Jahre des vergangenen Jahrhunderts findet bisher keine Entsprechung in der Wirklichkeit. Jenseits der Debatte über verlängerte Reaktorlaufzeiten passiert wenig. Konkrete neue Projekte sind die absolute Ausnahme. Der weit überwiegende Teil der derzeit noch errichteten Kraftwerke basiert auf indischer, russischer oder chinesischer Technologie. Die führenden westlichen Hersteller schauen nach wie vor in gähnend leere Auftragsbücher. Das US-amerikanische Unternehmen Westinghouse brachte es in einem Vierteljahrhundert auf eine einzige Reaktorbestellung. Für Framatome-ANP (zu 66 Prozent im Besitz des französischen Atomkonzerns Areva und zu 34 Prozent bei Siemens) und seine Vorgängerunternehmen ist der finnische Reaktor Okiluoto die erste Bestellung überhaupt in etwa 15 Jahren. So wird die Debatte über eine Renaissance der Atomenergie mehr noch als von den Reaktorherstellern selbst von Politikern und Publizisten vorangetrieben, die glauben, mit Atomkraft und unter Beibehaltung hergebrachter energiewirtschaftlicher Strukturen kurzfristig Klimaschutz-Verpflichtungen besser einhalten oder Stromengpässen entgegen zu können. Das hat Folgen. Denn je intensiver Politik und Öffentlichkeit auf eine Wiederbelebung der Nukleartechnik drängen, umso unverkrampfter fordern die potenziellen Investoren staatliche Hilfestellung.

In den USA setzt die Bush-Administration nicht nur massiv auf die Laufzeitverlängerung des alternden Reaktorarsenals, sondern steuert nach dem Auftreten von Stromengpässen in wichtigen Bundesstaaten wie Kalifornien und spektakulären Netzzusammenbrüchen auch auf den Neubau von Atomkraftwerken zu. Die von der verheerenden Hurrikan-Saison des Jahres 2005 ausgelöste Debatte über die Klimaerwärmung heizt die

Diskussion weiter an. Zu einem Reaktorneubau oder auch nur einem Bauantrag hat das bisher nicht geführt. Zwar bemühen sich mehrere Konsortien um eine kombinierte Lizenz zum Bau und Betrieb neuer Meiler. Doch ohne staatliche Unterstützung, werden sie nicht müde zu betonen, geht nichts. Allein die Genehmigungsprozedur für eine neue Baureihe wird voraussichtlich rund 500 Millionen Dollar verschlingen. Wie teuer die Reaktoren selbst werden, weiß bisher niemand. Vorsorglich verlangen die Unternehmen Milliardensubventionen vom Staat, die Präsident Bush mittlerweile avisiert hat. Das im Sommer 2005 im Kongress verabschiedete neue Energiegesetz stellt für die Atomenergie 3,1 Milliarden Dollar Finanzhilfen über einen Zeitraum von zehn Jahren in Aussicht. Damit soll der Staat unter anderem Risiken zur Absicherung möglicher Verzögerungen übernehmen. Schon zuvor hatten die potenziellen Investoren bei Bush eine Art Rundum-sorglos-Paket eingefordert: Als Bedingung für ihr Engagement verlangten sie eine steuerfreie Finanzierung und die spätere Stromabnahme zu staatlich garantierten Preisen. Außerdem soll der Staat im Fall schwerer Unfälle haften und nicht zuletzt die Endlagerfrage lösen. In Frankreich hat der inzwischen teilprivatisierte Staatskonzern EDF zwar nach langem Zögern im Jahr 2004 mit Flamanville im Departement Manche einen Standort für eine Pilotanlage des Europäischen Druckwasserreaktors EPR benannt. Die Neigung des Staates, für die Finanzierung wie gewohnt in Vorlage zu treten, ist gegenüber früheren Zeiten jedoch abgeflaut. Der frühere EDF-Chef Francois Roussey hat außerdem bekundet, es gehe in absehbarer Zeit beim Bau eines solchen Reaktors nicht so sehr um Strom, sondern darum, „die europäische industrielle Kompetenz in diesem Bereich zu erhalten“¹³. Mit anderen Worten, Hintergrund des Baus einer EPR-Pilotanlage in Frankreich ist nicht eine energie- sondern eine industriepolitische Motivlage.

Politische Motive spielten auch bei der – im Vorfeld hoch umstrittenen – Entscheidung des finnischen Parlaments für einen neuen Meiler eine wesentliche Rolle. Als Treibsatz diente der seit zwei Dekaden unaufhörlich wachsende Stromhunger, der Finnland gegenüber dem EU-Durchschnitt einen mehr als doppelt so hohen Pro-Kopf-Stromverbrauch bescherte. Gleichzeitig wuchs in der Politik die Sorge, bei der Elektrizitätsversorgung in eine zu große Abhängigkeit von russischem Gas zu geraten, und die Befürchtung, die nationale Klimaschutz-Verpflichtung im Rahmen des Kyoto-Protokolls ohne verstärkten Einsatz der Atomenergie nicht einhalten zu können. Der Auftrag an den französisch-deutschen Reaktorbauer Framatome-ANP, an der finnischen Ostseeküste die Pilotanlage des Europäischen Druckwasserreaktors EPR zu errichten, kam schließlich vom Stromversorger TVO. Das Unternehmen gehört zu 43 Prozent der öffentlichen Hand. Spätestens seit dem offiziellen Baubeginn im August 2005 gilt das Projekt Olkiluoto 3 der internationalen Nuclear Community als Beweis, dass Atomkraft auch in einem liberalisierten Strommarkt wieder ein lohnendes Investment sein kann. An dieser Lesart sind Zweifel angebracht. Denn ob ein solcher Reaktor auch unter ganz normalen Wettbewerbsbedingungen eine Chance gehabt hätte, ist unwahrscheinlich.

¹³ Francois Roussey, a.a.O.

Die Finanzierung wurde durch eine Konstruktion ermöglicht, bei der die rund 60 Teilnehmer, zumeist Elektrizitätsversorger, im Gegenzug zu ihren Beteiligungen Abnahmegarantien für den später im Reaktor erzeugten Strom zu vergleichsweise hohen Preisen zeichneten. Außerdem vereinbarten TVO und Framatome-ANP einen Fixpreis für den „schlüsselfertigen“ Meiler, der sich auf 3,2 Milliarden Euro belaufen soll. Eine solche, für den Käufer ebenso attraktive wie ungewöhnliche Vertragsgestaltung, war möglich, weil Framatome-ANP nach mehr als einem Jahrzehnt der EPR-Entwicklung um buchstäblich jeden Preis eine Bauentscheidung brauchte. Schon vor dem ersten Spatenstich zeichnete sich ab, dass das Hersteller-Konsortium Areva/Siemens einen ausgesprochen kühnen Kalkulationsrahmen setzte, um den Prototyp-Reaktor gegenüber fossilen Kraftwerken und anderen Bietern aus dem Atombereich auf die Siegerstraße zu bringen. Zunächst wurde die Reaktorleistung schon während der EPR-Entwicklung in den neunziger Jahren immer weiter erhöht. Die schiere Größe sollte für Wirtschaftlichkeit sorgen. Nun ist der EPR mit einer projektierten Stromleistung von 1.750 Megawatt (brutto) und einem Output von 1.600 Megawatt das mit Abstand leistungsstärkste Atomkraftwerk der Welt – was im Übrigen die Integration in die meisten Stromnetze erheblich erschwert. Ein Bündel anderer Prognosen, die den Reaktor auf dem Papier gegenüber anderen, auch nicht-nuklearen Optionen konkurrenzfähig machten, könnte sich als schwer einzulösender Wechsel auf die Zukunft erweisen. Versprochen wurde: eine Bauzeit von nur 57 Monaten, eine Verfügbarkeit von 90 Prozent, ein Wirkungsgrad von 36 Prozent, eine technische Lebensdauer von 60 Jahren, ein gegenüber Vorgängerreaktoren um 15 Prozent verringerter Uranbedarf sowie gegenüber heutigen Meilern erheblich verringerte Betriebs- und Wartungskosten.

Jede einzelne dieser Vorgaben gilt unter Fachleuten als extrem optimistisch. Weder die angestrebte Bauzeit noch die versprochene Verfügbarkeit wurden von früheren Pilot-Meilern je erreicht. Voraussichtlich wird aber auch dieses deutsch-französische Gemeinschaftswerk nicht von Bauverzögerungen, Kinderkrankheiten im frühen Betrieb und ungeplanten Abschaltungen verschont bleiben. Trotzdem sollen die Betriebs- und Wartungskosten geringer ausfallen als bei heute laufenden Standardreaktoren und zwar über eine Laufzeit von 60 Jahren. Gleichzeitig sollen zusätzliche Sicherheitseinrichtungen wie der so genannte „Core-Catcher“ den EPR sicherer, aber nicht teurer machen als seine Vorgänger.

Dass sich alle diese Zukunftsversprechen in Olkiluoto realisieren lassen, scheint nahezu ausgeschlossen. Schon unter optimaler Einhaltung aller Vorgaben – etwa über die Bauzeit – gilt der kalkulierte Preis von 3,2 Milliarden Euro als geschönt. Er sollte ursprünglich erst bei einer „Serienproduktion“ von etwa zehn Reaktorblöcken erreicht werden. Die ist jedoch nicht einmal am Horizont erkennbar. In anderen Wirtschaftsbereichen gibt es für eine derartige Preisgestaltung deshalb einen klaren Begriff: Dumping. Sollten die Baukosten tatsächlich davonlaufen, wird das Geschäft wegen des mit dem finnischen Kunden vereinbarten Fixpreises für Framatome-ANP rasch zum ökonomischen Alptraum. Dann wird der Ruf nach dem Staat nicht lange auf sich warten lassen. Wie schon im Vorfeld, bei der Absicherung der Finanzierung. Da spielte die Bayerische

Landesbank mit Sitz in München und zu fünfzig Prozent im Besitz des Freistaates Bayern, wo auch der Reaktorbauer Siemens seinen Hauptsitz hat, eine wichtige Rolle. Sie ist Partner eines internationalen Konsortiums, das den finnischen EPR mit einem zinsverbilligten Kredit (berichtet wird von einem Zinssatz von 2,6 Prozent) in Höhe von 1,95 Milliarden Euro fördert. Die französische Regierung griff der Framatome-ANP-Mutter Areva mit einer – eigentlich für Investitionen in politisch und wirtschaftlich instabilen Ländern reservierte – Exportkreditgarantie in Höhe von 610 Millionen Euro über die Exportkreditagentur Coface unter die Arme. Die European Renewable Energies Federation (EREF) hat wegen der offensichtlich konzertierten Unterstützung aus mehreren besonders an dem Projekt interessierten Staaten bei der EU-Kommission eine Beschwerde wegen Verletzung der europäischen Wettbewerbsregeln eingereicht.

Fest steht demnach: Auch die Entscheidung für den finnischen Reaktor wäre ohne staatliche Unterstützung anders ausgefallen. In diesem Fall kommt die Hilfe aus den Ländern der Hersteller und dem Land des Käufers. Offensichtlich ist die Atomenergie nur dort konkurrenzfähig, wo Subventionen in erheblicher Höhe zugeschossen werden. Oder in Staaten, in denen die Nukleartechnologie mehr oder weniger Teil der Staatsdoktrin ist, die Kosten also eine untergeordnete Rolle spielen. Wo auch immer in Zukunft in einem funktionierenden marktwirtschaftlichen Umfeld ein Reaktor Neubau ins Auge gefasst wird, muss deshalb damit gerechnet werden, dass die Investoren staatliche Hilfe in Anspruch nehmen: zur Absicherung gegen Kostensteigerungen beim Bau, während des Betriebs gegen unerwartet lange Stillstandszeiten, bei Schwankungen der Brennstoffkosten und wegen der nur schwer zu kalkulierenden Stilllegungs-, Abriss- und Entsorgungskosten. Schließlich müssen und werden Staaten die Folgen jedes künftigen schweren Unfalls mit massiver Radioaktivitätsfreisetzung zu bewältigen versuchen. Kein Unternehmen der Welt kann das allein. Versicherungen übernehmen einen von Land zu Land unterschiedlichen, angesichts der zu erwartenden Gesamtkosten aber in jedem Fall eher lächerlichen Teil der Schäden.

Damit nimmt die Atomtechnik eine beispiellose Sonderrolle ein. Ein halbes Jahrhundert nach ihrem mit Milliarden subventionen gezielten, kommerziellen Start verlangen, benötigen und erhalten ihre Protagonisten für den Neustart weiter staatliche Subventionen. Gerade so, als gehe es um die Anschubfinanzierung zu ihrer Markteinführung. Gefordert und befürwortet wird dieses außergewöhnliche Vorgehen erstaunlicherweise auch und besonders von Politikern, die sonst stets und gerade in der Energiepolitik gar nicht laut genug nach „mehr Markt“ rufen können. Es sind dieselben, die in vielen Industriestaaten mit Argumenten aus der reinen Marktlehre gegen tatsächliche Markteinführungshilfen für die Erneuerbaren Energien aus Sonne, Wind, Wasser, Biomasse oder Geothermie zu Felde ziehen. Es gibt jedoch einen entscheidenden Unterschied: Atomenergie hat ihre Zukunft hinter sich, die Erneuerbaren haben sie vor sich.

9 Fazit: Renaissance der Ankündigungen

Unter dem Eindruck sich verstärkender Klima- und Energiekrisen erlebt die Diskussion über die Atomenergie in einer Reihe wichtiger Staaten eine Neuauflage. Angeheizt von Reaktorherstellern und ihren publizistischen Lautsprechern ist die These von der „Renaissance der Atomenergie“ auch Ausdruck einer bevorstehenden, fundamentalen Entscheidungssituation. Die Masse der während der ersten und bis heute letzten Atomenergiekonjunktur weltweit errichteten Kernkraftwerke nähert sich ihrer projektierten technischen Altersgrenze. In den kommenden zehn Jahren und vor allem in der darauf folgenden Dekade muss die plangemäß rasch schrumpfende nukleare Kraftwerkskapazität ersetzt werden. Zur Debatte stehen neue, nicht-nukleare Kraftwerke oder die Verlängerung der Atomstromproduktion in die Zukunft. Ohnehin beschäftigt einige der wichtigsten Länder mit Atomenergie die Frage, ob sie ihre alten Meiler über die ursprünglich geplante Laufzeit hinaus am Netz halten wollen. Diese Option ist attraktiv für Stromunternehmen, die so milliardenschwere Investitionsentscheidungen stornieren und von den günstigen laufenden Stromproduktionskosten abgeschriebener Altreaktoren profitieren können. Das damit unausweichlich verbundene zusätzliche Risiko ist für den einzelnen Manager subjektiv kalkulierbar: Er rechnet nicht mit dem schweren Unfall, ausgerechnet in einem Atomkraftwerk seines Unternehmens und ausgerechnet unter seiner Verantwortung. Darin liegt der Unterschied zu den Interessen der Allgemeinheit. Laufzeitverlängerungen erhöhen das Katastrophenrisiko überproportional. Wenn alle oder viele Atomkraftwerke länger betrieben werden, wächst das Risiko insgesamt erheblich. Die bevorstehenden Entscheidungen über die Frage, wie die globale Energieversorgung in einer von Bevölkerungswachstum und extremem Wohlstandgefälle geprägten Welt nachhaltig gestaltet werden kann, weist über die Frage des künftigen Umgangs mit der Atomenergie weit hinaus. In der Verantwortung stehen alle entwickelten Industriestaaten und viele Schwellenländer, die die Atomenergie bisher überhaupt nicht oder nicht in nennenswertem Umfang nutzen. Sicher ist schon jetzt: Die neue Struktur wird nicht mehr ausschließlich, vermutlich nicht einmal mehr vorrangig auf großen Kraftwerkeinheiten basieren. Sicher ist darüber hinaus: Die Zukunft liegt nicht in einer aus den Interessen der traditionellen Energiewirtschaft geborenen Wiederbelebung einer Risiko-Technologie aus der Mitte des vergangenen Jahrhunderts.

Bis heute gibt es keine Renaissance der Atomenergie. Was es gibt, ist eine Renaissance der Ankündigungen über die Atomenergie. Im Vorfeld des zwanzigsten Jahrestages des Desasters von Tschernobyl gibt es auch eine Renaissance der Auseinandersetzung über diese Art der Energiegewinnung und – bei manchen – eine Renaissance der Hoffnungen. Es gibt die Wiederbelebung der politisch-gesellschaftlichen Debatte in einer Reihe für die Zukunft der Atomenergie wichtiger Staaten. Ihr Ausgang ist ungewiss. Ein Kraftwerksprojekt in Finnland beweist nichts. Die bisher bekannten, auf der Welt beschlossenen Neubauprojekte reichen nicht einmal aus, den Beitrag der Atomenergie zur globalen Stromproduktion konstant zu halten, nicht im absoluten Maßstab und im relativen erst recht nicht. Neue Atomkraftwerksprojekte existieren bisher nur, wo diese Form der Stromerzeugung Teil der Staatsdoktrin ist; oder dort, wo staatliche Stellen bereit sind, bei der Absicherung sicherheitstechnischer und finanztechnischer Risiken in

Vorlage zu treten. Wer heute neue Atomkraftwerke bauen will oder – wie in den USA – von der Politik dazu angehalten wird, braucht den Staat fast so sehr wie die Pioniere der Atomenergie in den sechziger Jahren des 20. Jahrhunderts.

Es klingt nur paradox: Die Markteinführung der Kernenergie gelang seinerzeit, weil es einen Strommarkt nicht gab, der sie hätte unwirtschaftlich machen können. Weil die Bereitstellung von Elektrizität nach damaliger Lesart einerseits wegen des Netzmonopols insgesamt als „natürliches Monopol“ galt und andererseits zur öffentlichen Daseinsvorsorge gehörte, wurde sie von staatseigenen oder staatsnahen, jedenfalls monopolartigen Unternehmen getragen. In den meisten Industrieländern war es denn auch der Staat, der anfangs aus offen oder verdeckt militärischen, später aus gemischten oder ausschließlich industriepolitischen Motiven bei der Einführung der Atomenergie den Takt bestimmte. Die öffentliche Hand übernahm die immensen Kosten für Forschung, Entwicklung und Markteinführung der neuen Technologie entweder direkt selbst, oder er stellte über seinen Einfluss auf die Strompreisgestaltung der Elektrizitätsversorger ihre Überwälzung auf die Verbraucher sicher. In einem liberalisierten, funktionierenden Strommarkt ist der¹⁴ Zubau neuer Atomkraftwerke für die Unternehmen bis heute nicht attraktiv. Es gibt günstigere Optionen, mit nicht annähernd vergleichbaren ökonomischen Risiken. Deshalb werden in einem marktwirtschaftlichen Umfeld auch dann keine neuen Atomkraftwerke gebaut, wenn Strombedarf und Kraftwerksleistung insgesamt zunehmen – es sei denn, die öffentliche Hand übernimmt wieder, wie einst bei der Einführung der Atomenergie, einen Großteil der Risiken. Das ist der finnische Weg. Er ist auch deshalb nicht verallgemeinerungsfähig, weil in einem funktionierenden Kraftwerks-Herstellermarkt die Konkurrenten aus anderen Branchen die einseitige staatliche Alimentierung einer fünfzig Jahre alten Technologie auf Dauer nicht tatenlos hinnehmen werden. Das finnische Projekt beschreitet auch insofern einen Sonderweg, als der Reaktorbauer Framatome-ANP fast zwanzig Jahre nach dem Entwicklungsstart des Europäischen Druckwasserreaktors EPR endlich einen Demonstrationsmeiler vorzeigen will und die Unternehmensmütter Areva und Siemens dafür offenbar bereit sind, finanzielle Risiken in beträchtlicher Höhe in Kauf zu nehmen. Zur Erinnerung: 1992 hatten Siemens und Framatome den gemeinsamen Meiler vollmundig als „deutsch-französisches Kernkraftwerk für Europa und den Weltmarkt“ angepriesen, das zunächst die „Heimarmärkte“ beidseits des Rheins und danach die „Drittländer“ erobern sollte. Für die beiden Pilotreaktoren sollte der erste Spatenstich bis 1998 erfolgen. Und schon 1990 hatte die deutsche *Wirtschaftswoche* unter der Schlagzeile „Nukleare Renaissance“ das Ende der atomaren Dauerflaute verkündet.

Eine unvoreingenommene Neubewertung aller Aspekte der Atomenergie führt auch heute, zu Beginn des 21. Jahrhunderts, zu einem eindeutigen Ergebnis. Es ist im Wesentlichen dasselbe wie vor 30 Jahren. Die Katastrophenrisiken, die die Atomenergie damals zur umstrittensten Form der Stromerzeugung gemacht haben, sind nicht verschwunden. Die neuen terroristischen Gefahren schließen eine Ausweitung dieser Tech-

¹⁴ Adolf Hüttl: Ein deutsch-französisches Kernkraftwerk für Europa und den Weltmarkt, Vortrag bei der Wintertagung des Deutschen Atomforums, Bonn 1992, Manuskript.

nologie in unsichere Weltregionen kategorisch aus. Der globale Ausbau der nuklearen Stromerzeugung würde noch schneller als die Aufrechterhaltung des Status quo zur Verknappung des Brennstoffs Uran führen – oder aber den flächendeckenden Umstieg auf die Brütertechnologie erzwingen. Eine solche technologische Neuausrichtung wäre gleichbedeutend mit der endgültigen Festlegung der Atomtechnologie auf den so genannten Plutoniumpfad. Sie würde das Risiko katastrophaler Unfälle, terroristischer Angriffe und der Weiterverbreitung von Atomwaffen auf eine neue, noch kritischere Ebene heben. Nicht zuletzt deshalb haben in der Vergangenheit fast alle Staaten den Brüterpfad nach ersten Rückschlägen aufgegeben. Ob mit oder ohne Brütertechnologie, auch das Endlagerproblem ist nicht bewältigt. Eine Lösung wird kommen müssen, schon weil die Abfälle nun einmal in der Welt sind. Aber sie wird nur eine relative sein können. Das allein wäre ein ausreichender Grund, dieses Menschheitsproblem nicht dadurch zu verschärfen, dass man das Müllvolumen vergrößert.

Die Atomenergie kann auch das Klimaproblem nicht lösen. Selbst eine Verdreifachung der globalen Nuklearkapazität bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts würde nur einen bescheidenen Beitrag zur Klimaentlastung leisten. Sie wäre mangels industrieller Kapazitäten, wegen der immensen Kosten und einer Vervielfachung der mit ihr verbundenen Risiken ebenso unrealistisch wie unverantwortlich. Vorgezeichnet und viel wahrscheinlicher ist dagegen angesichts der Alterstruktur der laufenden Kraftwerke, dass die globale Reaktorleistung in den kommenden Jahrzehnten erheblich sinkt. Gleichzeitig ergeben robuste Schätzungen, dass eine globale Energiestrategie, die vor allem auf mehr Effizienz in Energiewirtschaft, Industrie, im Transportsektor und bei der Wärmebereitstellung setzt und die Erneuerbaren Energien konsequent entwickelt, in der Lage ist, die CO₂-Reduktionsforderungen der Klimaforscher einzulösen – auch ohne Rückgriff auf die Atomenergie. Die damit verbundene Herausforderung ist freilich beispiellos und erfordert nicht weniger als eine Weltklimapolitik, bei der alle für die globalen Treibhausgas-Emissionen wesentlichen Staaten mitziehen. Der behauptete Zielkonflikt „Klimaschutz oder Atomausstieg“ bleibt dennoch – abgesehen von regionalen und zeitlich befristeten Sonderfällen – eine aus den Interessen der Atomenergiewirtschaft geborene Schimäre.

Wir haben gesehen: ohne massive staatliche Interventionen wird es eine Wiederbelebung der Atomtechnik in absehbarer Zeit nicht geben. Das heißt freilich nicht, dass sie ausgeschlossen ist. Denn mehr als die Stromwirtschaft, die vor allem alte, abgeschriebene Investments weaternutzen will, ist es die Politik, die unter dem Eindruck galoppierender Energiepreise und in Erwartung harter Klimaschutzverpflichtungen die Atomenergie ins Spiel bringt. Beide Elemente treiben seit Jahren die Debatte in den USA, sie waren der Auslöser für den Reaktorneubau in Finnland, für die Offensive zum Ausstieg aus dem Atomausstieg in Deutschland und neuerdings die Neubaudiskussion in Großbritannien. Politiker neigen dazu, in den Strukturen und mit den Akteuren weiterzumachen, die sie kennen. Manche von ihnen werden sich deshalb nicht scheuen, mehr als ein halbes Jahrhundert nach dem Start der kommerziellen Stromproduktion in Atom-

kraftwerken noch einmal Markteinführungshilfen für die Atomenergie zu gewähren – als sei das das Normalste der Welt.

Überall wo es so kommt, wird die Neubaudiskussion voll entbrennen. Neue Reaktoren werden weder nachhaltig die Klimaerwärmung eindämmen, noch dauerhaft die Energiepreise dämpfen können. Sie werden stattdessen die mit der Energieerzeugung verbundenen Katastrophenrisiken weiter verschärfen und von den Klimaschutzstrategien ablenken, die wirklich Entlastung bringen. Mit anderen Worten: Wie zu Hochzeiten der ersten Kernenergie Diskussion in den siebziger und achtziger Jahren des 20. Jahrhunderts werden die Atomkraftgegner die besseren Argumente auf ihrer Seite haben.

Literatur

Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung“ des 14. Deutschen Bundestages (2002): Bericht der Enquete-Kommission. Bundestags-Drucksache 14/9400

ESA 2005. Euratom Supply Agency. Annual Report 2004
<http://europa.eu.int/comm/euratom/ar/ar2004.pdf>

Diehl, Peter (1995): Uranium Mining in Europe – The Impacts on Man and Environment. *WISE News Communiqué* 439/440 (September, Sonderedition)

GRS – Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit: Schutz der deutschen Kernkraftwerke vor dem Hintergrund der terroristischen Anschläge in den USA vom 11. September 2001. Zusammenfassung der Studie unter:
www.bund.net/lab/reddot2/pdf/grs_gutachten.pdf

IAEA – International Atomic Energy Agency (2001): Analysis of Uranium Supply to 2050. Wien: STI/PUB/1104,
http://www.pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1104_scr.pdf

IEA – International Energy Agency (2001): Nuclear Power in the OECD. Vienna.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2000): Special Report Emissions Scenarios. Cambridge.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2005): IPCC Special Report on Carbon dioxide Capture and Storage. Cambridge.

Hahn, L. (1999): Kernkraftwerke der Welt – Bestand, Funktionsweise, Sicherheitsprobleme; in: Gefahren der Atomkraft. Ministerium für Finanzen und Energie des Landes Schleswig-Holstein, 2. aktualisierte Auflage, Kiel.

Heinrich-Böll-Stiftung (Hrsg.) (2006): Mythos Atomkraft. Ein Wegweiser. Berlin.

Hirsch, H., O. Becker, M. Scheider, and A. Froggatt (2005): Nuclear Reactor Hazards, Ongoing Dangers of Operating Nuclear Technology in the 21st Century. Greenpeace International.

- Koch, Egmont R. (2005): Atomwaffen für Al Qaida. Berlin.
- Krause, Joachim (1998): Strukturwandel der Nichtverbreitungspolitik. München.
- Lovins, A. B. (2005): Nuclear power: economics and climate-protection potential. Rocky Mountain Institute (www.rmi.org/sitepages/pid171.php@E05-08)
- Münkler, H. (2003): Die neuen Kriege. Frankfurt/Main, Wien und Zürich.
- Pehnt, M., M. Cames et al. (2005): Micro Cogeneration. Towards decentralized energy systems. Berlin/Heidelberg.
- Schneider, M., and A. Froggatt (2004). The World Nuclear Industry Status Report 2004. Commissioned by the Greens-EFA Group in the European Parliament (December). Brussels.
- Shell (2002): Energy Needs, Choices and Possibilities Scenarios to 2050. Scenarios to 2050. Shell International.
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2000): Strategies for Managing Global Environmental Risks. Berlin/Heidelberg.
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2003): Climate Protection Strategies for the 21st Century: Kyoto and beyond. Special Report. Berlin.
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2004): Towards Sustainable Energy Systems. London: Earthscan.

