

**DEUTSCHER NATURSCHUTZRING  
DACHVERBAND DER DEUTSCHEN NATUR- UND  
UMWELTSCHUTZVERBÄNDE  
(DNR)**

**ATOMENERGIE – RETTER DES  
KLIMASCHUTZES?**



## IMPRESSUM

### **Herausgeber:**

Deutscher Naturschutzring  
Dachverband der deutschen Natur- und  
Umweltschutzverbände (DNR) e.V.  
Am Michaelshof 8-10, 53177 Bonn

### **Autor:**

Prof. Dr. Klaus Traube

### **Redaktion:**

Aktualisierte und erweiterte Fassung der Studie Atomausstieg,  
veröffentlicht in der Reihe Argumente der SPD-Bundestagsfraktion,  
Heft August 2005

Deutscher Naturschutzring (DNR)

Telefon: 0228/35 90 05

Telefax: 0228/35 90 96

eMail: [info@dnr.de](mailto:info@dnr.de)

Internet: [www.dnr.de](http://www.dnr.de)

Bonn, 16. November 2006

Die Herausgabe dieses Positionspapiers wird vom  
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und  
Reaktorsicherheit (BMU) finanziell unterstützt.

## **Klaus Traube: Atomenergie – Retter des Klimaschutzes?**

Die Nutzung der Atomenergie wurde anfangs als Substitut für die begrenzten fossilen Energieträger und als billige Energiequelle propagiert. Mit dem Aufkommen der Debatte um die drohende Klimakatastrophe wurde später der Klimaschutz als weiterer Grund für den Ausbau der Atomenergie propagiert. Vor dem Hintergrund einer aus Sicht der Atombefürworter enttäuschenden globalen Entwicklung sowie zu geringer Fortschritte beim Klimaschutz, aber auch angeregt durch erhebliche Ölpreissteigerungen und die politische Diskussion um den Atomausstieg in Deutschland werden in letzter Zeit neue Hoffnungen auf eine Renaissance der Atomenergie gesetzt. Auftrieb bekam die Rede von der Atomrenaissance durch die finnische und französische Entscheidung zum Bau je eines neuen Kernkraftwerks und durch ein im März 2005 veröffentlichtes Szenario der Internationalen Atomenergie Organisation (IAEA), das mittelfristig wieder Ausbau der Atomenergie prophezeit. Jüngst, im November 2006, schrieb auch die Internationale Energieagentur der OECD (IEA) anlässlich der Veröffentlichung des *World Energy Outlook 2006* der Atomenergie das Potenzial für einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz zu.

Welche Rolle spielt die Atomenergie für den Klimaschutz und die energiewirtschaftliche Entwicklung derzeit und welche Rolle könnte sie auf längere Sicht spielen?

### **Die Atomenergie wird weitaus überschätzt**

Atomstrom trug im Jahr 2004 15,7 % zur weltweiten Elektrizitätserzeugung bei. Der Anteil der Elektrizität an der Deckung des Energiebedarfs der Endverbraucher („Endenergiebedarf“<sup>1</sup>) betrug 16,2 %, Atomstrom deckte somit nur 2,5% des weltweiten (End-)Energiebedarfs. Allein die Wasserkraft erzeugt weltweit eben so viel Strom wie die Atomenergie, insgesamt trugen 2004 erneuerbare Energien 18,2% zur weltweiten Stromerzeugung bei. Die erneuerbaren Energien, v.a. Biomasse, decken anders als die Atomenergie auch einen erheblichen Anteil des Wärmebedarfs. Daher tragen sie insgesamt erheblich mehr als die Atomenergie zur Deckung des weltweiten Energiebedarfs bei [IEA Statistics 2006].

Atomstrom kann das das Klima schützen, wenn er Stromerzeugung auf der Basis fossiler Brennstoffe ersetzt, damit den Einsatz fossiler Brennstoffe vermindert. Der Beitrag des Atomstroms zum Klimaschutz hängt davon ab, welche Art der Stromerzeugung durch den Atomstrom substituiert wurde bzw. wird. Wären etwa Wasser- und Windkraft anstelle der Atomkraft ausgebaut worden, so hätte der Atomstrom keine Verminderung von CO<sub>2</sub>-Emissionen bewirkt, trüge also zum Klimaschutz nichts bei. Substituiert der Atomstrom dagegen die Stromerzeugung aus alten Kohlekondensationskraftwerken, so würde dies die CO<sub>2</sub>- Emissionen vermindern, und zwar prozentual um das Zwei- bis Dreifache des Anteils dieses Atomstroms am Endenergieverbrauch. Bei Substitution effizienterer Stromerzeugung, so in modernen Gaskraftwerken oder in Kraft-Wärme- Kopplung, liegt der atomare Klimaschutzeffekt zwischen diesen Extremen. Es gibt keine allgemein gültige Antwort auf die Frage, wie viel und welcher Primärenergieeinsatz bzw. damit verbundene Treibhausgasemissionen durch Atomstrom substituiert werden.

---

<sup>1</sup> Die Energiewirtschaft setzt Primärenergie ein, um daraus die zur Versorgung der Verbraucher dienende Endenergie zu gewinnen – so erzeugt sie in Raffinerien aus Rohöl Kraftstoff oder in Kraftwerken aus Kohle Strom. Wegen des mit Umformung und Transport verbundenen Energieaufwands („Energieverlust“) ist der Primärenergiebedarf höher als der Endenergiebedarf.

Zur Orientierung verwenden wir im Folgenden den statistischen Ansatz der IAEA: sie errechnet den Primärenergieeinsatz zur Atomstromerzeugung auf der Basis eines durchschnittlichen Wirkungsgrades der existierenden Kraftwerke, aktuell 37,5%. Auf dieser Basis beziffert die IAEA den derzeitigen Beitrag des Atomstroms zur Primärenergieversorgung zu 5,5%. Damit läge sein Beitrag zur Primärenergieversorgung rund doppelt so hoch wie der zur Endenergieversorgung [IAEA 2004].

Der Beitrag der Atomenergie zur weltweiten Energieversorgung und zum Klimaschutz ist also recht bescheiden, regional freilich sehr unterschiedlich.

Im November 2006 werden weltweit 442 Atomkraftwerke mit einer elektrischen Leistung von netto 369 Gigawatt betrieben. Sie befinden sich in nur 31 der weltweit 236 Staaten. Auch die Hälfte der EU-Länder ist "atomfrei". Knapp zwei Drittel der AKW-Kapazität entfallen auf nur vier Staaten: USA, Frankreich, Japan und Deutschland. In den Entwicklungsländern, die rd. 80% der Weltbevölkerung beherbergen, sind lediglich 4% der AKW-Kapazität installiert, überwiegend in China und Indien, wo Atomstrom freilich weniger als 3% des Stromverbrauchs deckt [IAEA-PRIS 11/2006]. Vier Staaten, allen voran Frankreich, erzeugen mehr als 50% ihres Strombedarfs in Atomkraftwerken, zwölf weitere Länder 25% bis 40%.

In Deutschland betrug der Anteil des Atomstroms an der Stromerzeugung im vergangenen Jahr (2005) 26,3%. Strom deckte aber nur 20,4%, Atomstrom mithin nur 5,4% des Endenergiebedarfs [BMWA Energiedaten 9/06]. Das ist zwar doppelt so viel wie im weltweiten Durchschnitt, aber doch wenig gegenüber der öffentlichen Einschätzung der Bedeutung der Atomenergie. So hielten die Deutschen in Umfragen 1994 und 1999 Kernkraftwerke für die Sicherung der Energieversorgung in den nächsten 20 bis 30 Jahren für bedeutender als Kohle und Erdöl, obwohl nur wenige diese Rolle der Kernkraft für wünschenswert hielten [Allensbach Archiv]. Es bedarf eines Rückblicks auf die Geschichte der Atomenergie, um zu verstehen, wie derart krasse Fehleinschätzungen, die heute noch nachwirken, entstehen konnten.

### **Die Atomenergie wurde ein Flop**

Als der amerikanische Präsident 1953 der Welt ein Programm zur friedlichen Nutzung der Atomenergie verkündete, wurde das schreckliche Bild von Hiroshima mit Prophezeiungen schier unerschöpflicher Segnungen der friedlichen Nutzung übermalt. Die damit geweckten euphorischen Erwartungen, die beispielsweise in der Bundesrepublik zur Bildung eines Atomministeriums und zu Kernforschungszentren mit über 10.000 Mitarbeitern führten, waren schon erheblich gedämpft, als Mitte der 60er Jahre schließlich eine kommerzielle Nutzung der Atomenergie mit dem Bau großer Atomkraftwerke begann. Tatsächlich gab es ein Jahrzehnt lang einen Boom an kommerziellen Aufträgen zum Bau von (Leichtwasser-) AKW in einigen westlichen Industrieländern, vor allem den USA. Dies gab Anlass zu Erwartungen, die sich spiegeln in der – heute absurd anmutenden – Prognose der IAEA von 1974, im Jahr 2000 würden weltweit AKW mit einer Gesamtleistung von 4.500 GW installiert sein [IAEA 1974]. – gut 12 mal mehr als die tatsächlich derzeit installierten 369 GW.

Mitte der 70er Jahre brach der Auftragsboom abrupt ab. Ende 1974 waren in den USA insgesamt 237 AKW mit 228 GW Gesamtkapazität in Betrieb, im Bau oder bestellt [Jahrbuch ATW 1976]. Tatsächlich sind heute in den USA nur 104 AKW mit 99 GW installiert. Im Bau oder bestellt ist keins. Mehr als die Hälfte der seinerzeit bestellten oder schon im Bau befindlichen AKW wurde, teils unter großen Verlusten, aufgegeben.

Die primäre Ursache für diesen Zusammenbruch der Atomkonjunktur waren dramatische Kostensteigerungen. Sie fanden nicht nur in den USA statt. 1969 bestellte RWE das erste 1.200 MW- AKW Biblis A für einen Festpreis von 750 Millionen DM. Dagegen kostete das letzte in Deutschland (1982 –1988) errichtete AKW Neckarwestheim 2 (1.270 MW) 5 Milliarden DM. Die extremen Kostensteigerungen lagen teils an anfangs marktstrategisch motivierten "Einführungspreisen", überwiegend aber an Fehleinschätzungen der Hersteller: die Kombination von Komplexität, Sicherheitsproblemen und Größe der AKW lag jenseits aller damaliger industrieller Erfahrung. Hinzu kam die Aussicht auf Überkapazitäten wegen weit überhöhter Erwartungen an das Wachstum des Stromverbrauchs, das angesichts der Aussicht auf "billigen Atomstrom" durch massive Expansion des Stromeinsatzes im Wärmemarkt erzielt werden sollte. Der Widerstand gegen die Atomenergie spielte für den Zusammenbruch der Atomkonjunktur Mitte der 70er Jahr noch kaum eine Rolle; er gewann erst ab der zweiten Hälfte der 70er Jahre an Einfluss, insbesondere nach der Reaktorkatastrophe in Three Mile Island 1979. Nach 1986, dem Jahr der Tschernobyl-Katastrophe, wurden Aufträge zum Bau neuer AKW nur noch in Ostasien erteilt – 2005 erstmals auch außerhalb Ostasiens, in Finnland .

Ein Vergleich der weltweiten Statistik der Kernkraftwerke von heute mit der vor 25 Jahren veranschaulicht den Niedergang der Atomenergie. Für November 2006 verzeichnet die aktuelle Statistik der IAEA 470 AKW mit der Gesamtleistung 392 GW – davon 28 mit 23 GW als im Bau befindlich. Für Mitte 1980 verzeichnete das Jahrbuch der Atomwirtschaft (Jg.1981) 570 AKW mit 450 GW – davon 233 mit 133 GW als in Betrieb, 240 mit 222 GW als im Bau und 97 mit 95 GW als bestellt. In den meisten der 31 Länder, die Atomkraftwerke betreiben, darunter auch Deutschland, wurden AKW aufgegeben, die 1985 bereits im Bau oder bestellt waren. Nach 1985 wurden nur in sechs ostasiatischen Ländern noch AKW bestellt und ausgeführt.

Angesichts des enormen Entwicklungsaufwands und der einstigen Erwartungen war die Atomenergie bisher also ein Flop. Wie aber sieht die absehbare Zukunft aus?

### **Die mittelfristigen Aussichten - dürftig**

In Finnland und Frankreich wird nun erstmals seit 1986 außerhalb von Ostasien wieder je ein neues Atomkraftwerks errichtet. Unter den derzeit als weltweit im Bau befindlich registrierten 28 AKW sind 11 AKW in 6 Ländern<sup>2</sup> mit insgesamt 10 GW, deren Bau bereits Mitte der 70er bis Mitte der 80er Jahre begonnen und danach abgebrochen wurde. Einige davon werden nun noch fertig gestellt. Von den 17 tatsächlich neuen der im Bau befindlichen AKW mit insgesamt 13 GW ist eins das in Finnland, die übrigen befinden sich in Japan, Taiwan, Indien, China, Südkorea und Taiwan. Das sind die sechs asiatischen Länder, in denen nach 1985 – überwiegend vor Mitte der 90er Jahre – noch AKW mit rd. 40 GW bestellt wurden. In drei dieser Länder – in Japan, Südkorea und Taiwan – spielt die Atomenergie mit Anteilen an der Stromerzeugung zwischen 25% und 45% energiewirtschaftlich eine ähnliche Rolle wie in Deutschland. In den anderen drei Ländern ist ihr Beitrag zur Stromerzeugung nahezu belanglos (China 2%, Indien und Pakistan 2,8%. [IAEA-PRIS 11/2006]).

Der Blick auf die Atomstatistik spricht also nicht für eine Renaissance der Atomenergie. Die seit 1985 noch bestellten 40 GW AKW-Leistung sind für die weltweite Energieversorgung eine Marginalie. Zum Vergleich: Allein in den USA wurden im ersten Boom-Jahrzehnt bis 1974 über 200 AKW mit über 200GW elektrischer Leistung bestellt.

---

2 In Russland 4 AKW, Ukraine 2 AKW, je 1 AKW in Iran, Bulgarien, Rumänien und Argentinien.

Wie sehen die Planungen für zukünftige AKW aus?

Die – gewiss nicht atomfeindliche – Internationale Energie Agentur (IEA) der OECD publiziert periodisch den renommierten *World Energy Outlook*. In dessen Version von 2004 erwartete sie bis 2030 eine Erhöhung des weltweiten Energiebedarfs um jährlich 1,7 %, also gegenüber 2002 einen Zuwachs um 60 % und zudem eine Verdoppelung des Strombedarfs [IEA 2004]. In diesem Zeitraum soll die Atomkapazität weltweit nur marginal anwachsen. Der Anteil des Atomstroms an der wachsenden Stromerzeugung soll um mehr als ein Drittel abnehmen. Neue Kapazitäten sollen überwiegend alte Anlagen ersetzen.

In der jüngst (November 2006) veröffentlichten Version *World Energy Outlook 2006* [IEA 2006] wird einer Trendfortschreibung bis 2030 (Referenzszenario) ein Alternativszenario gegenübergestellt, wie es sich bei erheblich vermehrten weltweiten Anstrengungen zum Klimaschutz einstellen könnte. Ähnlich wie in der *Outlook*- Version von 2004 wächst im Referenzszenario der weltweite Primärenergiebedarf im Zeitraum 2004 bis 2030 um jährlich durchschnittlich 1,6%, insgesamt um gut 50%, bei gleichzeitiger Verdoppelung des Strombedarfs. Die in Atomkraftwerken installierte Kapazität wächst nur wenig von 368 auf 416 GW, ihr Anteil an der Stromerzeugung fällt von (2004) 16% auf 10% ab während sich der Anteil der erneuerbaren Energien von 16% auf 22% erhöht. Der Anteil des Strombedarfs am Endenergiebedarf erhöht sich von 16% auf 21%. Im Jahr 2030 deckt also Atomstrom nur 2,1% (10% von 21%) des weltweiten Endenergiebedarfs im Referenzszenario.

Das Alternativszenario analysiert die Entwicklung des Energiemarktes bis 2030 für den Fall, dass die Staaten alle die derzeit angestrebten Maßnahmen zum Klimaschutz und zur Sicherung der Energieversorgung tatsächlich umsetzen würden. Das führt dazu, dass die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Jahr 2030 um 16% niedriger sind als im Referenzszenario. Von 2004 bis 2030 wächst der Primärenergiebedarf wie auch der Endenergiebedarf „nur“ noch um jährlich durchschnittlich 1,2%, insgesamt um 38%. Der Strombedarf wächst um 72% (statt 100% im Referenzszenario), sein Anteil am Endenergiebedarf wächst von 16% auf 20% (statt 22%). Die Atomkraftkapazität wird bis 2030 erheblich ausgebaut auf 519 GW, entsprechend einer Erhöhung um 40% gegenüber 2004. Dennoch fällt der Anteil der Atomenergie an der Stromerzeugung von 16% auf 14%, während sich der der erneuerbaren Energien auf 26% erhöht. Im Jahr 2030 deckt Atomstrom nur 2,8% des weltweiten Endenergieverbrauchs (statt derzeit 2,5%).

Atomstrom spielt also auch in der um Klimaschutz bemühten Alternative im Jahr 2030 weiterhin eine nur sehr bescheidene Rolle. Ihr Anteil an der 16 %igen Reduzierung der CO<sub>2</sub>- Emissionen gegenüber dem Referenzszenario ist marginal. Aber die Pressemitteilung vom 8.11.2006 zur Vorstellung des *World Energy Outlook 2006* führt aus, der Bericht demonstrierte, dass die Atomenergie einen bedeutenden („major“) Beitrag zur CO<sub>2</sub>- Minderung leisten könnte. Weiter heißt es: „Nuclear Power remains a potentially attractive option for ... mitigating carbon emissions – but financing the upfront investment cost may remain a challenge“. Diese Hervorhebung des Potenzials der Atomenergie ist offensichtlich nicht im Einklang mit ihrer sehr bescheidenen Rolle in den vorgestellten Szenarien, dürfte mithin politisch motiviert sein. Dem Hinweis auf das Finanzierungsproblem liegen im Übrigen Betrachtungen im *Outlook*- Bericht zugrunde, die aufzeigen, dass ein erheblicher Ausbau der Atomenergie nur bei staatlichem Engagement zur Finanzierung und Risikoabdeckung zu erwarten ist.

Die aktuelle Projektion der internationalen Atomenergiebehörde IAEA [IAEA 2004] sieht bis zum Jahr 2030 in einer niedrigen und in einer hohen Variante (N und H) einen Anstieg des Primärenergiebedarfs jährlich um 1,5 % (N) bzw. 2,6 % (H) vor]. Dies entspricht einem Zu-

wachs des globalen PEV zwischen 2003 und 2030 von 46 % bzw. 99 %. In der hohen Variante setzt die Zentralinstanz der Atomgemeinde einen noch höheren Zuwachs an weltweiter atomarer Stromerzeugung an als das Alternativszenario der IEA von 2006. Gleichwohl bleibt auch hier der Anteil der Atomenergie an der weltweiten Energieversorgung recht bescheiden; er liegt 2030 niedriger als derzeit.

Jahr		2003	2020		2030	
Variante			N	H	N	H
Weltstromerzeugung	10 <sup>3</sup> TWh	15,7	20,0	26,4	23,6	37,1
Atomstromerzeugung	10 <sup>3</sup> TWh	2,52	3,38	4,03	3,38	4,70
Nuklear-Anteil an Stromerzeugung	%	16,1	17	15	14	13
Nuklear-Anteil am PEV	%	5,5	5,8	5,7	5,0	5,2
AKW Kapazität	GW	362	427	512	423	592

### Erwartungen der IAEA zur Entwicklung der Atomenergie

#### Ankündigungen zum Ausbau der Atomkraft sind Zweckoptimismus

Der Generaldirektor der IAEA, ElBaradei, stellte am 21. März 2005 die Projektion der niedrigen Variante mit 427 GW Atomkapazität im Jahr 2020 heraus. Sie basiere auf spezifischen Plänen einer Anzahl von Ländern zum Ausbau der Atomkraft, die er für China, Russland und Indien benannte. China plane einen Ausbau von derzeit 6,5 GW auf 36 GW in 2020, Russland von derzeit 22 GW auf 40–45 GW bis 2020 sowie Indien von derzeit 3 GW bis 2022 auf das 10-fache und bis Mitte des Jahrhunderts auf das 100-fache. In anderen Ländern seien die Planungen moderater.

Die Geschichte der Atomenergie ist voll von unerfüllten Ankündigungen, die zumeist aus den für die Promotion der Atomenergie geschaffenen Instanzen stammen, ihr Motiv ist häufig Zweckoptimismus. Am ehestens mag die chinesische Ankündigung als seriös anzusehen sein. Aber wenn sie realisiert würde, so trüge Atomstrom auch 2020 nur wenige Prozent (derzeit 2%) zur stark wachsenden chinesischen Stromerzeugung bei. Die regenerative Stromerzeugung soll demgegenüber erheblich stärker ausgebaut werden und bis 2020 auf 20% der chinesischen Stromerzeugung gesteigert werden.

Die indische Verhundertfachung gehört offensichtlich ins Reich der Phantasie. Die russische Ankündigung einer Verdoppelung der AKW-Leistung bis 2020 wurde schon im Jahr 2000 lanciert; die neuen AKW sollten durch Einlagerung ausländischen Atommülls in Russland finanziert werden. Sie setzt eine lange Reihe unerfüllter russischer Ankündigungen zum Ausbau der Atomkraft fort. Tatsächlich wurde in Russland seit 1986 kein Bau eines neuen AKW mehr begonnen; lediglich wenige der zuvor schon in Angriff genommenen AKW wurden fertig gestellt.

Diese speziellen Ankündigungen umfangreichen Atomausbaus erscheinen nicht gerade als solide Basis der IAEA-Projektionen. Auch die als „moderater“ eingestufteten Ausbaupläne anderer Staaten stützen keineswegs Erwartungen an eine bedeutende Renaissance der Kernenergie. Nach einer Befragung der OECD-Staaten zu ihren Erwartungen an die mittelfristige Entwicklung der Atomenergie durch die Nuclear Energy Agency (NEA) im Jahr 2005 betreiben 17 der 30 OECD-Staaten Atomkraftwerke, die weltweit 85 % des Atomstroms erzeugen. Nur drei dieser Staaten erwarteten bis 2020 eine leichte Zunahme ihrer AKW-Kapazität, vier eine Abnahme und 5 keine Veränderung. Fünf Staaten antworteten nicht. Keins der 13 übrigen OECD-Länder meldete, dass es 2020 Atomkraftwerke betreiben werde [NEA 2005].

## **Berichte zur Renaissance der Atomkraft sind unrealistisch**

Auf diesem Hintergrund erscheint der Ausbau der Atomkraft, wie ihn die IAEA projiziert, als Zweckoptimismus – selbst schon in der niedrigen Variante. Trotzdem erwecken Medienberichte über Planungen zum Atomausbau hier, da und dort den Eindruck, eine massive „Atomrenaissance“ stehe bevor. Die Struktur solcher Berichterstattung sei an einem Beispiel beleuchtet [DIE ZEIT 2004]. Der Autor berichtet, was er auf einer IAEA-Konferenz im russischen Obninsk erfuhr:

- Die IAEA komme „zu dem Schluss, dass die nukleare Kapazität nach mittlerer Schätzung weltweit bis 2030 um das Zweieinhalbfache anwachsen dürfte“. Doch die publizierten Projektionen der IAEA (siehe oben) liegen zwischen 17 und 64 %, also keineswegs bei 250 %.
- Die Russen wollten „ihre nukleare Produktion binnen fünf Jahren verdreifachen, zu ihren 30 Reaktoren müssten also noch etliche hinzukommen.“ Tatsächlich registriert die IAEA-Statistik nur 4 russische AKW als im Bau befindlich. Deren Bau begann freilich schon vor 20 Jahren [IAEA- PRIS 6/2005]. Höchstens diese, keinesfalls weitere AKW könnten in den nächsten fünf Jahren fertig gestellt werden und damit die russische AKW-Kapazität um höchstens 1/6 (statt um das dreifache) steigern.
- In den USA „bemüht sich die Industrie um Standortgenehmigungen für neue Meiler“. Tatsächlich bemüht sich die Bush-Administration mittels Vergünstigungen schon seit einigen Jahren darum, dass die Industrie wenigstens unverbindliche „early site permits“ beantragt, möglichst aber auch – erstmalig nach drei Jahrzehnten – wieder den Bau neuer AKW in Angriff nimmt. Bisher hat kein Unternehmen den Bau eines Reaktors zugesagt oder einen Bauantrag gestellt.
- „Auch Kanada baut aus“. Tatsächlich wurde der letzte Auftrag zum Bau eines AKW 1977 erteilt. Es befindet sich seit Anfang der 90er Jahre kein AKW mehr im Bau. Aber 5 AKW sind wegen Sicherheitsdefiziten seit 1997 abgeschaltet. Sie sollen saniert werden und in den nächsten Jahren wieder in Betrieb gehen.

Der Untertitel dieses Strahlkraft-Artikels bündelt die Aufzählung solch freudiger Verheißungen der Atomgemeinde zur frohen Botschaft: „Die Kernenergie erlebt weltweit eine Renaissance. Überall sind neue Reaktoren in Planung.“

Das Geraune um die Atomrenaissance ist nicht so neu. Im Dezember 1990 berichtete die Wirtschaftswoche unter dem Titel "Nukleare Renaissance": „Ausstiegsbeschlüsse werden revidiert und Neubaupläne aufgelegt. Nur in Deutschland gibt es ein letztes Aufbäumen der Atomgegner“.

## **Atomkraft ist zu teuer**

Zwar dürften in der absehbaren Zukunft auch außerhalb der asiatischen Atomstaaten etliche neue AKW-Projekte realisiert werden, im Wesentlichen aber als Ersatz für die aus Altersgründen stillzulegenden Anlagen. Ein Ausbau, der einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz erbringen könnte, ist jedoch nicht in Sicht. Wenn die Elektrizitätswirtschaft nahezu weltweit seit Jahrzehnten nahezu keine neuen AKW mehr in Auftrag gab, dann ja nicht, weil das weltweit verboten gewesen wäre<sup>3</sup>, sondern weil sie nicht wollte. Denn für die Elektrizitätswirtschaft ist die Errichtung von Atomkraftwerken wegen der sehr hohen Investitionskosten

---

<sup>3</sup> Verbote gibt es in einigen Ländern als Folge von Volksabstimmungen (Beispiele Österreich, Italien) oder von nationalen Beschlüssen gegen die Nutzung der Atomenergie (Beispiel Dänemark) bzw. zum Ausstieg aus der Atomenergie (Beispiel Niederlande)..

ten ein hohes wirtschaftliches Risiko. Je Kilowatt installierter Leistung kostet ein AKW an die fünf Mal so viel wie ein modernes Gaskraftwerk, das zudem in weit kleineren Einheiten wirtschaftlich betrieben werden kann. Liefere das AKW dann über dreißig Jahre einigermaßen störungsfrei, so könnte es sich wegen niedrigerer Brennstoffkosten dennoch rentieren. Privatwirtschaftliche Investoren erwarten aber kurzfristige Renditen. Langfristige Zeiträume schrecken sie ab. Ein bedeutender Ausbau der Atomenergie wäre nur bei staatlichem Engagement – u.a. über Bürgschaften und sonstige Risikoabdeckung - möglich. Das thematisiert auch die IEA im *Outlook 2006* ausführlich. Freilich harmoniert solche staatliche Intervention nicht mit freiem Welthandel und liberalisierten Strommärkten.

Doch selbst wenn die eher unwahrscheinlichen IEA-Projektionen für das Jahr 2030 einträfen, bliebe die Wirkung der Atomenergie für den Klimaschutz marginal. Die IAEA-Projektion beziffert den Anteil der Atomenergie an der Deckung des weltweiten Primärenergiebedarfs im Jahr 2030 mit 5,0 bis 5,2%. Zum Vergleich: in letzter Zeit stieg der weltweite Primärenergiebedarf um jährlich 4 - 5 % [BP 2005].

### **Atomenergie schützt das Klima – ein Szenario**

Die Verminderung des Verbrauchs fossiler Energieträger und damit der Emission von Klimagasen ist das einzige als tragfähig erscheinende Argument für den Ausbau der Atomenergie. Das einstige Argument „billiger Atomstrom“ gilt zwar noch für den Weiterbetrieb bestehender AKW, deren Investitionskosten ja versunken sind, aber nicht mehr für den Zubau von AKW-Kapazität – außer wenn der Atomstrom speziell durch politisch gesetzte Rahmenbedingungen (offen oder versteckt) gefördert würde. Atomenergie hat zwar in den wenigen Ländern mit hohem Atomstromanteil – allen voran Frankreich – erhebliche Bedeutung für die nationale Klimagasbilanz. Aber wenn ihr Beitrag zur Energieversorgung weltweit so bescheiden ist und bleibt wie er es ist und wie selbst die IAEA und die IEA prognostizieren, dann ist die stete Rede von der „unverzichtbaren Atomenergie“ offenbar Schaumschlägerei.

Aber ließe sich ein wirksamer Beitrag zum Klimaschutz nicht doch durch Ausbau der Atomenergie erreichen? Dieser Frage wollen wir anhand des folgenden Szenarios nachgehen.

Wir skizzieren eine hypothetische weltweite Energiezukunft, in der – entsprechend der oben beschriebenen IEA-Projektion – der Primär- und Endenergiebedarf bis zum Jahr 2030 um 60 % und der Strombedarf um 100 % gegenüber dem des Jahres 2002 steigt, und in der unterstellt wird, die Atomkapazität könne bis 2030 so stark ausgebaut werden, dass Atomstrom dann 50% (statt 16 % in 2004) zur globalen Stromerzeugung beitrüge. Atomstrom würde dann im Verein mit der existierenden Wasserkraft nahezu den weltweiten Bedarf an Grundlaststrom decken und damit eine praktische Grenze erreichen. Die Atomstromerzeugung wäre 2030 um den Faktor 6 höher als 2004. Damit würde sich der Beitrag des Atomstroms an der Deckung des Endenergiebedarfs von 2,5 % auf 10 % erhöhen.

Hinsichtlich des korrespondierenden Beitrags zur Deckung des Primärenergiebedarfs unterstellen wir wie die IAEA, dass Atomstrom Strom aus existierenden fossilen Kraftwerken mittleren Wirkungsgrades verdrängt. Wir berücksichtigen, dass der Wirkungsgrad des fossilen Kraftwerksparks im Jahr 2030 wesentlich höher sein wird als derzeit. Damit würde sich der Anteil des Atomstroms am Primärenergieverbrauch von derzeit 5,5 % bis 2030 auf 15 % erhöhen. Atomstrom würde bei diesem Szenario einen merklichen, wenn auch keineswegs einen entscheidenden Beitrag zum Klimaschutz leisten.

Aber was wären die Konsequenzen eines solchen atomaren Klimaschutz-Szenarios?

Während seit Beginn des Atombooms vor 40 Jahren insgesamt knapp 400 GW an AKW-Kapazität installiert wurden, müssten in den kommenden 25 Jahren 2.100 GW neu installiert werden.<sup>4</sup> Dies entspräche 2.100 AKW à 1000 MW. Angesichts des unterstellten 50 %igen Anteils des Atomstroms an der Stromerzeugung müssten die neuen AKW in nahezu allen Regionen installiert werden, also auch in den meisten der 205 Staaten, in denen es heute noch keine AKW gibt. Der größte Teil dieser AKW und der damit verbundenen Investitionskosten müsste auf die Entwicklungsländer entfallen. Insgesamt müssten für den Bau der 2.100 GW AKW-Kapazität etwa 5 Billionen Euro aufgebracht werden.<sup>5</sup> Zum Vergleich: die IEA rechnet mit 4 Billionen Euro Investitionsbedarf für den Zubau von 4.700 GW an insgesamt bis 2030 benötigter Kraftwerksleistung. Sie warnt, dass dieser Finanzierungsbedarf, insbesondere in den Entwicklungsländern, gravierende Probleme bereiten wird [IEA 2003]. Wenn in unserem Szenario die Grundlastkapazität durch Atomkraftwerke, den mit Abstand teuersten Kraftwerkstyp, bereitgestellt werden sollte, dann ergäbe sich für den gesamten Kraftwerkspark anstelle der von IAEA bezifferten 4 Billionen ein Finanzbedarf von über 7 Billionen Euro.

Angesichts der Gefahren der Atomenergie erscheint unser Atomszenario als eine Horrorvision. Man denke nur an die Bedrohung durch Terrorismus, wenn Tausende von Atomkraftwerken in allen Regionen der Welt stehen und daran, dass die zur Nutzung der Atomenergie dienende Infrastruktur auch zur Herstellung von Atomwaffen nutzbar ist. Diese Infrastruktur war die Basis für die Herstellung der Atomwaffen Indiens und Pakistans. Nordkorea und Iran werden sich auf dieser Basis Atomwaffen beschaffen.

Es ist evident, dass unser Atomszenario weder finanzierbar noch politisch realisierbar ist. Die Atomkräfte, allen voran die USA, würden kaum tatenlos zusehen, wenn Atominfrastrukturen in Weltregionen entstünden, die sie als instabil ansehen.

### **Uranressourcen sind knapp**

Die Atomenergie kann also offenbar auch in Zukunft keinen bedeutenden Beitrag zum Klimaschutz erbringen. Dafür gibt es einen weiteren Grund: die Uransituation. Die IAEA und die Nuclear Energy Agency der OECD (NEA) publizieren periodisch in einem "Red Book" eine weltweite Übersicht über Verbrauch, Gewinnung und Ressourcen von Uran. Die Ressourcen werden in Kategorien eingeteilt. Als „bekannte konventionelle Ressourcen“ gelten entdeckte Uranvorkommen der Kategorien „hinreichend sicher“ (sie gelten als „Reserven“) und „zusätzlich geschätzt“, die zu Kosten bis 130 US\$ je kg Uran gefördert werden könnten. Außerdem werden Angaben gemacht über nicht entdeckte Ressourcen der Kategorien geschätzt und spekulativ.

Laut der Ausgabe 2004 des Rotbuchs werden die bekannten Uranressourcen zu 4,6 Millionen Tonnen (Mt) angegeben, die nicht entdeckten zu 7,5 Mt. Im Jahr 2002 wurden 2.573 TWh Atomstrom weltweit erzeugt. Der dafür erforderliche Uranbedarf wird zu 66.800 Tonnen beziffert [IAEA/NEA 2004]. Bei diesem Verbrauchsniveau beträgt die rechnerische Reichweite der bekannten Ressourcen mithin 70 Jahre.

---

4 Die 400 GW enthalten die bereits stillgelegte Kapazität (35 GW). Die 2100 GW ergeben sich, wenn die mittlere Auslastung (Lastfaktor) der AKW-Kapazität auch 2030 noch 84% wie 2002 beträgt und die existierenden AKW, die derzeit jünger als 15 Jahre sind (60GW), auch 2030 noch betrieben werden.

5 Ansatz spez. Investitionskosten 2400 €/kW. Zum Vergleich: der Lieferpreis für das neue finnische AKW wird mit 2000 €/kW angegeben. Das ist mit Sicherheit ein Einführungspreis für den EPR-Reaktor, zudem enthält er keine Bauherrenkosten und Bauzinsen. Die obere Bandbreite ergibt sich durch Einbeziehung der notwendigen Infrastruktur, die in den meisten Ländern erst noch aufgebaut werden muss.

In unserem Atomszenario soll im Jahr 2030 sechsmal so viel Atomstrom erzeugt werden wie 2002. Die je kg Uranbedarf erzeugte Strommenge dürfte wegen erhöhtem Abbrand der Brennelemente und verbessertem Wirkungsgrad der AKW bis 2030 erheblich höher sein als im Jahr 2002 (38.000 kWh/kgU). Wir setzen 60.000 kWh/kgU an, entsprechend den für die künftigen AKW mit Europäischem Druckwasserreaktor (EPR) in Aussicht gestellten Daten. Damit läge der Uranbedarf unseres Szenarios im Jahr 2030 bei 0,26 Mt. Bei diesem Verbrauchsniveau läge die Reichweite der derzeit bekannten Uranressourcen (4,6 Mt) bei nur noch 18 Jahren.

Nun würde bei derartigem Uranbedarf auch die Menge der bekannten Uranressourcen zunehmen. Derzeit als nicht entdeckte, spekulative Ressourcen geschätzte Uranvorkommen könnten durch Exploration entdeckt und erschlossen werden. Aber selbst die Summe der entdeckten und nicht entdeckten Uranressourcen könnte den wegen des wachsenden Energieverbrauchs der Entwicklungsländer ebenfalls wachsenden Uranbedarf nur etwa drei, höchstens 4 Jahrzehnte decken, wenn der Atomstrom den in unserem Szenario den für 2030 aus Gründen des Klimaschutzes angesetzten Anteil von 15 % an der Deckung des Primärenergiebedarfs in der Zeit danach beibehalten soll.

### **Ökologische Schäden durch Uranabbau untragbar**

Doch schon zuvor dürften aus Umweltgründen Grenzen der Uranförderung erreicht werden. Derzeit werden Vorkommen abgebaut, die ca. 1 % Uran enthalten. Das geförderte Gestein endet fast vollständig als Abraum. Die Abtrennung des Urans erfolgt chemisch, die eingesetzten Chemikalien verbleiben teilweise in den Schlammassen. Was das für die Umwelt bedeutet, war im sächsischen Schlema, dem Standort des ehemaligen Uranabbaus der DDR, zu beobachten: über 300 Millionen Kubikmeter Abraumphalden, 160 Millionen Kubikmeter giftiger und radioaktiver Schlammseen, kontaminierte Aufbereitungsanlagen. Seit fünfzehn Jahren arbeiten 2.200 Mitarbeiter der Wismuth GmbH mit einem Etat von 13 Milliarden Euro an der Sanierung dieser wohl schlimmsten deutschen Landschaftszerstörung. Unter westeuropäischen Verhältnissen wäre derartiger Uranabbau kaum denkbar.

Etwa die Hälfte der Uranförderung findet derzeit in sehr dünn besiedelten Gebieten Kanadas und Australiens statt. Dort sind hauptsächlich Ureinwohner betroffen, die stetig gegen die angerichteten Schäden protestieren. Ein weiteres Drittel der Uranförderung geschieht in Kasachstan, Niger, Namibia und Russland. Anfangs gab es Uranabbau auch in fünf westeuropäischen Ländern. Dort wurde er komplett eingestellt.

Wenn künftig ein höherer Uranbedarf entstünde, dann müssten Vorkommen mit noch geringerer Urankonzentration abgebaut werden. Gegenüber derzeit würde nicht nur das Niveau der Uran-Förderung vervielfacht, sondern vor allem auch die Menge an Abraum und Schlämmen je Tonne geförderten Urans. Es ist schwer vorstellbar, dass die einhergehenden Umweltschäden langfristig politisch tragbar blieben, zumal die Uranförderung dann nicht mehr nur auf entlegene Gebiete beschränkt werden könnte.

### **Die Vision Brüter**

Den Vordenkern der Atomgemeinde ist es bewusst, dass die Uransituation prekär werden wird. Daher streuen sie, es werde eine Wiederkehr des Brüters geben.. Das Konzept "Plutoniumwirtschaft", ein System von Brutreaktoren und Wiederaufarbeitungsanlagen, war die Basis der Verheißung unerschöpflicher Atomenergie. Mit diesem System ließe sich aus dem Uran bis zu 60 Mal mehr Energie gewinnen als in den heutigen Reaktoren. Deshalb begann die

Entwicklung der Brüter parallel zur Entwicklung der heute existierenden AKW-Typen, die nur als Übergangslösung betrachtet wurden. Noch bevor Mitte der 60er Jahre der Bestellboom für Atomkraftwerke mit Leichtwasserreaktoren begann, arbeiteten in den USA, Frankreich, Großbritannien und der Sowjetunion bereits kleinere Prototyp-Brüterkraftwerke. Zudem waren mittelgroße Demonstrationskraftwerke mit an die 300 MW elektrischer Leistung in Frankreich, Großbritannien und der Sowjetunion schon im Bau, in den USA, Deutschland und Japan in Planung. Frankreich und Großbritannien kündigten den Bau je eines 1.200 MW Brütergroßkraftwerks für Mitte der 70er Jahre an.

Bis um die Mitte der 70er Jahre schien die kommerzielle Nutzung der Brüter bald erreichbar. Die bis zum Jahr 2000 zu installierende Brüterkapazität bezifferten die Atombehörden

- 1974 für die USA zu 450 GW,
- 1975 für Großbritannien zu 33 GW,
- 1978 für Frankreich zu 16 bis 23 GW.

Tatsächlich war im Jahr 2000 und ist heute weltweit nur noch ein einziges Brüterkraftwerk (in Russland) in Betrieb. Der 1972 in Kalkar begonnene deutsche 300 MW Brüter wurde 1991 aufgegeben – nach 19 Baujahren, die sieben Milliarden DM (das 25-fache des ursprünglichen Anschlags) kosteten. Das analoge US-Projekt wurde nie ausgeführt. Demonstrationsbrüter mittlerer Leistung um 300 MW wurden Mitte der 70er Jahre in Frankreich (Phenix), Großbritannien (PFR) und der Sowjetunion (BN 350) in Betrieb genommen. Sie wurden alle im Verlauf der 90er Jahre stillgelegt. Der Betrieb des Phenix als Kraftwerk wurde nach gravierenden Reaktivitäts-Störfällen 1991 eingestellt.<sup>6</sup> Der britische PFR wurde von 1978 bis 1991 betrieben, erreichte aber wegen zahlreicher Störfälle nur einen Lastfaktor von 24 %, d.h. die in 13 Jahren erzeugte Strommenge entsprach einer nur 24%igen Ausnutzung seiner Kapazität. Während der Inbetriebnahme des japanischen Parallelprojekts (Monju) kam es 1995 zu einem schweren Unfall. Seitdem liegt dieses Brüterkraftwerk still; es ist unklar, ob es noch in Betrieb gehen wird. Das weltweit einzige Brütergroßkraftwerk, der französische 1.200 MW Superphenix ging 1986 in Betrieb und wurde 1997 stillgelegt. Er hatte in 10 Betriebsjahren den trostlosen Lastfaktor von 7 % erreicht.

Übrig geblieben ist nur ein russisches 600 MW-Brüterkraftwerk. Mitte der 80er Jahre kündigte die Sowjetunion den Bau von zwei kommerziellen 800 MW-Brütern im Ural an, die im Jahr 2000 in Betrieb gehen sollten, tatsächlich aber aufgegeben wurden. Seitdem hat nur Indien noch den Bau eines Brüterkraftwerks angekündigt, aber kein Datum für die Inbetriebnahme in Aussicht gestellt. In China befindet sich mit russischer Unterstützung ein Versuchsbrüter im Bau (Chinese Experimental Fast Reactor CEFR, 65 MW). Er soll 2008 zum ersten Mal Kritikalität erreichen. Mit Blick auf diese Arbeiten geriet der geplante Export der abgebauten Hanauer MOX-Anlage nach China im Jahr 2004 in die politische Diskussion und wurde schließlich storniert, da der Einsatz für militärische Zwecke nicht ausgeschlossen werden konnte. Der russische Atommonopolist RosEnergoAtom meldete 2004 Planungen für einen japanisch-chinesisch-russisch-amerikanischen Gemeinschafts-Brüterreaktor in Belojarsk im Ural. Auch diese Meldung ist in die Kategorie Zweckoptimismus einzuordnen.

Dieses klägliche Ende des mit enormen Mitteln veranstalteten internationalen Brüterwettlaufs ist letztlich der hochgradigen technischen Komplexität und den sicherheitstechnischen Mängeln des Brüterkonzepts zuzuschreiben. Diese Eigenschaften führten einerseits zu enormen Kosten und andererseits zu katastrophalen Betriebsergebnissen infolge andauernder Pannen.

---

<sup>6</sup> Phenix ist nach offizieller Sprachregelung nicht stillgelegt; er wurde nach Umbau als Forschungsreaktor ohne Stromerzeugung betrieben.

Vier Jahrzehnte Entwicklung in allen großen Industriestaaten haben das Brüterkonzept ad absurdum geführt. Eine Wiederbelebung zur kommerziellen Nutzung ist kaum mehr vorstellbar.

Doch die Atomgemeinde streut, "die Wiederkehr des Brüters" gelte als ausgemacht. Die IAEA und einige Staaten beschäftigen sich im Rahmen eines Forschungsprogramms für Zukunftsreaktoren auch weiter auf kleiner Flamme mit dem Brüter. Die Atomwirtschaft benötigt diese Botschaft, weil es ohne Brüter mangels Uran keine energiewirtschaftlich und klimapolitisch relevante "Renaissance" der Atomenergie geben kann. Ohne diese fleißig verbreitete Vision aber wäre die Öffentlichkeit wohl kaum wieder für den Bau von Atomkraftwerken zu gewinnen.

### **Risiken der Atomenergie nicht zu verantworten**

Sollte die Atomenergie in Zukunft einen energie- und klimapolitisch nicht nur marginalen Beitrag leisten, so müssten bald weit über tausend Atomkraftwerke, auch in den Entwicklungsländern, zugebaut werden – sicherheitspolitisch ein Alptraum. Es gehört zum Repertoire der Atomgemeinde, das Sicherheitsrisiko herunter zu spielen. Das geschieht nicht zuletzt mit Hinweisen auf wundersame Eigenschaften zukünftiger Reaktoren, bei denen katastrophale Unfälle mit Kernschmelzen ausgeschlossen sein sollen.

Doch bei jedem Reaktor, gleich welcher Bauart, sind Unfallverläufe möglich, die zu Kernschmelzen mit nachfolgendem katastrophalem Freisetzen von Radioaktivität führen. Das bestreiten auch seriöse, sachkundige Atombefürworter nicht. Die Katastrophe in Tschernobyl hat das Ausmaß der damit verbundenen Folgen vor Augen geführt. Sie war die folgenschwerste in der Geschichte des katastrophalen Versagens technischer Systeme. Doch die Atomgemeinde besteht darauf, es habe nur 32 oder 45 Todesopfer gegeben und zudem 2000 Fälle von Schilddrüsenkrebs, die durch Vergabe von Jodtabletten hätten vermieden werden können. Das ist ein zynisches Spiel damit, dass Krebs als Spätfolge im Einzelfall auch andere Ursachen haben könnte.

Doch es geht nicht nur um mögliche unbeabsichtigt eintretenden Reaktorkatastrophen, es geht auch um die mögliche Zerstörung von AKW durch terroristische Aktionen und durch kriegsrischen Beschuss, auch um die ungelöste und nicht wirklich mögliche sichere Verbringung des Atom Mülls. Es geht weiter darum, dass die so genannte friedliche Nutzung der Atomenergie stets eine für militärische Zwecke nutzbare Infrastruktur schafft. Wegen all dieser enormen Risiken ist und bleibt die Nutzung der Atomenergie nicht zu verantworten.

### **Zusammenfassung**

Die existierenden 442 Atomkraftwerke tragen nur marginal zur weltweiten Energieversorgung bei. Die Atomenergie leistet daher auch keinen erheblichen Beitrag zum Klimaschutz. Nur in wenigen Industrieländern spielt die Atomenergie eine erhebliche Rolle, keine nennenswerte dagegen in den Entwicklungsländern, die 80% der Weltbevölkerung beherbergen. Ihr derzeitiger Beitrag ist im Wesentlichen das Ergebnis von Entscheidungen zum Bau von Atomkraftwerken, die bis zur Mitte der 70er Jahre getroffen wurden und auf damals noch sehr mangelhaften Kenntnissen über die Kosten und Gefahren der Atomenergie beruhten. Seit fast zwei Jahrzehnten wurde nur noch eine im Weltmaßstab sehr geringe Anzahl an Aufträgen zum Bau neuer Kernkraftwerke erteilt. Es gibt keinerlei handfeste Indizien für eine energiewirtschaftlich und klimapolitisch relevante „Renaissance“ der Atomenergie.

Ein klimapolitisch relevanter Beitrag der Atomenergie würde den Zubau von einigen tausend Atomkraftwerken, vor allem in Entwicklungsländern erfordern. Ein derartiger Ausbau der Atomenergie wäre kaum finanzierbar und sicherheitspolitisch nicht durchsetzbar. Zudem würde er sehr bald zur Erschöpfung der in der Praxis abbaubaren Uranvorkommen führen, sofern nicht die heutigen Atomreaktoren durch Brutreaktoren ersetzt würden. Aber vier Jahrzehnte weltweiter enormer Anstrengungen zur Entwicklung der Brutreaktoren haben das Brüterkonzept ad absurdum geführt.

Die Atomenergie wird daher energie- und klimapolitisch eine Marginalie bleiben, die wegen der ihr innewohnenden immensen Gefahren beendet werden muss und die auch ohne bedeutende Verwerfungen beendet werden kann.

Die Atomenergie leistet keinen Beitrag für ein zukünftiges nachhaltiges Energiesystem, das nur durch konsequentes Ausschöpfen der Effizienzpotentiale und entschlossenen Ausbau der erneuerbaren Energien geschaffen werden kann.

### **Quellen:**

Allensbach Archiv: IfD Umfrage 5090, Februar 1994 und IfD Umfrage 6072, Januar 1999.

BMWA Energiedaten 9/06: Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit, Energiedaten, Stand September.2006.

BP 2005: BP Statistical World Review 2005.

DIE ZEIT 2004: „Mit neuer Strahlkraft“ von Gerow von Randow in DIE ZEIT v. 22.7.2004

IAEA 1974: International Atomic Energy Agency: Annual Report 1974

IAEA- PRIS 11/2006: International Atomic Energy Agency: Power Reactor Information System (PRIS) Stand 14.11.2006

IAEA 2004: International Atomic Energy Agency: Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2030. July 2004 Edition, Vienna 2004

IAEA/NEA 2004: International Atomic Energy Agency/OECD Nuclear Energy Agency: Uranium 2003 Resources, Production and Demand. OECD 2004.

IEA 2003: OECD International Energy Agency: World Energy Investment Outlook 2003

IEA 2004: OECD International Energy Agency: World Energy Outlook 2004, October 2004

IEA 2006: OECD International Energy Agency: World Energy Outlook 2006, October 2006

IEA Statistics 2004: OECD International Energy Agency: Key World Energy Statistics 2004

IEA Statistics 2006: OECD International Energy Agency: Key World Energy Statistics 2006

Jahrbuch ATW 1976: Jahrbuch der Atomwirtschaft 1976

NEA 2005: OECD Nuclear Energy Agency: Nuclear Energy Data 2005

Die Angaben zur Geschichte des Brüters sind weitgehend dokumentiert in:

Traube, Klaus: Plutoniumwirtschaft – das Finanzdebakel von Brutreaktor und Wiederaufarbeitung, Reinbek 1984.

### **Prof. Dr.-Ing. Klaus Traube**

**1959-76 tätig in deutscher und amerikanischer Atomindustrie, zuletzt als geschäftsführender Direktor der INTERATOM verantwortlich für Entwicklung und Bau des Brüterkraftwerks in Kalkar, davor Direktor des Fachgebiets Kernreaktoren der AEG. 1990-97 Direktor des Instituts für Energiewirtschaft und Politik an der Universität Bremen, danach freiberufliche und ehrenamtliche Politikberatung.**