SES-Report 14

Atomenergie – die grosse Pleite

Die wirtschaftlichen Aspekte der Atomenergie und ihrer Alternativen

Schweizerische Energie-Stiftung

Zu diesem Buch

Zu Recht fürchtet sich weitaus die Mehrheit der Schweizer vor den Gefahren der Atomenergie. Doch viele lassen sich heute noch durch die Drohung verunsichern, dass eine Abkehr von der Kernkraft wirtschaftliche Nachteile mit sich bringen werde. In Wirklichkeit hat sich die Atomenergie als ein wirtschaftliches Fiasko entpuppt, das uns alle noch teuer zu stehen kommen wird. Dieser Report zeigt, dass international die Kernenergie weit schlechter dasteht, als in der Schweiz allgemein angenommen wird. Seit Jahren werden aus wirtschaftlichen Gründen weit mehr Anlagen abbestellt oder halbfertig stehengelassen, als neue in Auftrag gegeben. Ruggero Schleicher legt im einzelnen dar, warum die Atomenergie auch in der Schweiz zu einem massiven Ansteigen der Strompreise führen wird und die Struktur unserer Energieversorgung verschlechtert. Sie fügt der gesamten Volkswirtschaft Schaden zu und kann auch bei grössten Anstrengungen nur wenig Oel ersetzen. Wesentlich billiger, schneller wirksam und gesamtwirtschaftlich vorteilhafter sind Investitionen in energiesparende Techniken. Die hier nachgewiesenen wirtschaftlichen Nachteile der Kernenergie sind von solch unglaublichem Ausmass, dass sie erst vor dem historischen Hintergrund verständlich werden. Der Niedergang der Atomenergie entwickelt sich zum grössten Debakel der Technikgeschichte. Er bedeutet das Scheitern einer eingleisigen technokratischen Denkweise. Journalistisch und allgemeinverständlich geschrieben, wendet sich dieser Report an eine breitere Leserschaft.

Ruggero Schleicher, geb. 1952, ist Physiker und freier Journalist. Er lebt in Bern. Von 1976 bis 1982 war er Mitglied im Stiftungsratsausschuss der Schweizerischen Energie-Stiftung.

ATOMENERGIE – DIE GROSSE PLEITE

Die wirtschaftlichen Aspekte der Atomenergie und ihrer Alternativen

Ruggero Schleicher

HERAUSGEBER: Schweizerische Energie-Stiftung
Sihlquai 67
8005 Zürich, Tel. 01/ 42 54 64 PC 80-3230

AUTOR: Ruggero Schleicher, dipl. phys., Bern

UMSCHLAG: Harriet Höppner, Zürich

DRUCK: Offsetdruckerei Holend, Zürich

AUSLIEFERUNG UND VERTRIEB: AVA (buch 2000), Postfach 89
8910 Affoltern am Albis

PREIS: Fr. 20.-, Mitgliederpreis Fr. 17.-

COPYRIGHT: c 1984 by Schweizerische Energie-Stiftung, Zürich
Auszugsweise Wiedergabe mit Quellenangabe gestattet

ISBN: ISBN-Nummer: 3 85675 014 2

INHALT

Vorwort 5

1. EINLEITUNG: FALSCHE ALTERNATIVEN 7

2. AUFSTIEG UND NIEDERGANG DER ATOMENERGIE

Atome für den Frieden: Ein kurzer Traum 15

Finanzielles Fiasko in den USA:
Seit Harrisburg mag niemand mehr 22

Weltweit Probleme mit der Wirtschaftlichkeit:
Atomenergie auf dem Rückzug 26

Schneller Brüter: Keine Hoffnung 33

Aussichten für die Zukunft:
Eine Atomindustrie für Reparaturen und Abfall 36

3. DIE KOSTENEXPLOSION

Atomenergie: Eine unausgereifte Technik 39

Die Durchsetzung des Leichtwasserreaktors:
US-Konzerne verkaufen U-Boot-Antrieb als Grosskraftwerk 41

Der rauschhafte Siegeszug der Atomenergie:
Der Preis war unbekannt, doch alle wollten dabeisein 48

Atomtechnik viel heikler als man ahnte:
Die Baukosten klettern unaufhaltsam weiter 53

Abriss, Wiederaufbereitung, Endlagerung:
Kosten unbekannt, die Rechnung folgt später 63

"Die Kosten der Kernenergie sind nicht einfach hoch,
sie sind unvorhersagbar" 72

4. DIE STROMSCHWEMME

Fehlplanung mit überrissenen Prognosen:
Steigende Preise senken den Verbrauch 77

Wir alle subventionieren den Stromexport 87

Teurer Strom zur falschen Zeit 89

Luxuriöse Reservehaltung:
Leibstadt als Notstromgruppe? 92

Stromtarife: Die subventionierte Verschwendung 95

5. WAERMEMARKT: ATOM STATT OEL?

Waldsterben und Treibhauseffekt:
Wir müssen schnell handeln! 99

Atomstrom für die Wärmeversorgung:
Die Rechnung kann nie aufgehen 102

Kaiseraugst für die Elektroheizung 109

Nukleare Fernheizung:
Teurer Sachzwang zur Verschwendung 111

Am billigsten und sichersten:
Substitution durch Wärmesparen 118

Das Ungleichgewicht der Marktkräfte 124

6. ELEKTRISCHE ALTERNATIVEN

Auch beim Strom: Zuerst besser nutzen 128

Wärme-Kraft-Kopplung:
Günstiger Strom und gespartes Oel 134

Für die Zukunft: Elektrizität aus Sonnenlicht 143

Eine Elektrizitätswirtschaft im Dienste des Gemeinwohls? 147

7. ELEKTRIZITAETSPOLITIK IM AUSLAND

Vereinigte Staaten: Abschied vom Wachstum 149

Frankreich hat die Wahl:
Atomenergie oder Wirtschaftsaufschwung 155

8. ATOMENERGIE SCHADET DER WIRTSCHAFT

Ein kostspieliges Steckenpferd:
Der Einsatz für die Kernkraft verzögert das Energiesparen 159

Trumpf im internationalen Wettbewerb:
Effiziente Energienutzung senkt die Kosten
und schützt die Krisen 163

Arbeitsplätze:
Sparinvestitionen bringen mehr als Atomkraft 165

Atomenergie:
Für wen ist sie überhaupt noch interessant? 171

9. DAS ENDE EINER AERA 173

Anmerkungen 177
Quellenverzeichnis 188

VORWORT

Eigentlich sollte dieser Report nur eine schmale Broschüre werden. Aus jahrelanger Beschäftigung mit Atom- und Energiefragen wusste ich, dass es miserabel steht um die Wirtschaftlichkeit der Kernenergie. Doch als ich die einzeln plausiblen und vielfach auch bekannten Fakten systematisch zusammenstellte, staunte ich selber immer mehr. Das Ausmass der wirtschaftlichen Unverantwortbarkeit der Atomenergie, das hier in der gleichzeitigen Betrachtung verschiedener Aspekte zutage trat, wirkte unglaubhaft. So mag auch mancher Leser die Behauptungen des zusammenfassenden ersten Kapitels übertrieben finden und das Buch zur Seite legen. Da blieb mir besonders im heutigen angespannten energiepolitischen Klima nichts anderes übrig, als die einzelnen Aussagen, Abschätzungen und Fakten peinlich genau zu belegen und zu begründen. Der Report wurde lang und länger. Doch die zusammengetragenen und selber angestellten Berechnungen und Betrachtungen stehen in so haarsträubendem Widerspruch zu den vorherrschenden Ansichten, dass technisch-wirtschaftliche Argumentationen und Berechnungen mir für Aussenstehende zu wenig überzeugend scheinen. Auch mit den heutigen Machtinteressen der energiepolitischen Akteure scheinen mir die Widersprüche und das Festhalten an der Atomenergie nicht genügend erklärbar. Die in der Energiediskussion übliche unhistorische, von den Technikern geprägte Betrachtungsweise stösst an Grenzen. Mir schien es nötig, trotz Zeitknappheit die anfangs widerwillig akzeptierten Beschränkungen immer weiter zu überschreiten. Bei der Ueberarbeitung des Manuskripts habe ich deshalb im dritten Kapitel wenigstens die Geschichte der Atomtechnik im Hinblick auf die Frage der Wirtschaftlichkeit kurz zusammenhängend dargestellt, die ideologischen und psychologischen, technischen und politischen Hintergründe angedeutet, die aus meiner Sicht zum Debakel mit der Atomenergie geführt haben. Die technisch-wirtschaftliche Rationalität der Entscheidungen entpuppt sich da als Fiktion. Das waghalsige Unternehmen, die Kernspaltung mit gigantischem Aufwand zu zähmen und wirtschaftlich nutzbar zu machen, beruhte auf der Illusion, dass sich alle Einflüsse abschätzen, berechnen und unter Kontrolle bringen lassen. Daran, an der Missachtung der vielfältigen lebendigen Wirklichkeit, ist der Versuch gescheitert. Nachdem mich in den letzten Jahren energiewirtschaftliche Details zunehmend gelangweilt haben, ist für mich persönlich diese Arbeit gerade auch in ihren trockenen technischen Teilen zu einer

spannenden und tiefgreifenden Auseinandersetzung geworden mit der lebensfeindlichen, eindimensionalen, auf ein Ziel fixierten technokratischen Denk- und Handlungsweise, die unsere Gesellschaft durchdringt und auch mich stark geprägt hat. Mir scheint, am Beispiel der Atomenergie wird besonders deutlich, wie grundlegend unsere Gesellschaft und unser Weltbild sich heute wandeln. Wirtschaftliche Aspekte sind untrennbar damit verknüpft. Ich hoffe, dass die heikle und ungewohnte Mischung verschiedenster Betrachtungsweisen und die vielleicht etwas verwirrende Fülle von Fakten nicht abschreckt, sondern zum Verständnis und zur Glaubwürdigkeit beiträgt. Besonders danken möchte ich Werner Geissberger, Ursula Koch, Martin Pestalozzi, Marcos Buser, Lydia Trüb, Elmar Ledergerber, Daniel Wiener und Max Jäggi für wertvolle Hinweise, Anregungen und Kommentare, sowie allen Verantwortlichen der Energie-Stiftung für ihre Geduld.

Ruggero Schleicher
Bern, im Mai 1984

1. Einleitung: Falsche Alternativen

Provokativ soll hier die Argumentationslinie des Reports ohne Belege kurz dargestellt werden.

Schon seit vielen Jahren geht es mit der Atomenergie bergab. Seit der Beinahe-Katastrophe von Harrisburg wurden weltweit wesentlich mehr Kernkraftwerke abbestellt oder halbfertig stehengelassen als neue in Auftrag gegeben. Angefangen hatte der Niedergang schon 1974. Kurz nach der ersten Oelkrise begannen die Bestellungen zurückzugehen, weil deutlich wurde, dass der Energiekonsum nicht mehr weiterhin so rasant steigen würde.

Die Zukunft sieht düster aus für die Nuklearindustrie. In den Vereinigten Staaten erwartet sie zumindest für dieses Jahrzehnt keine neuen Bestellungen. In der Bundesrepublik, England, Italien oder bei uns in der Schweiz ringt sie um die letzten erhofften Aufträge und auch in Frankreich, das von den Befürwortern der Atomenergie immer als Vorbild dargestellt wird, musste die hochverschuldete staatliche Elektrizitätsversorgung, die jährliche Milliardendefizite erwirtschaftet, ihr ehrgeiziges Bauprogramm stark reduzieren.

Als Beznau 1972 in Betrieb ging, schien Atomstrom noch billig. Heute, nachdem in Leibstadt die Kosten explodiert sind, der teure Strom mit Verlust ins Ausland verkauft werden muss und noch immer nicht abzusehen ist, wie die NAGRA den Atommüll lagern wird, sieht auch in der Schweiz die wirtschaftliche Seite der Atomenergie ganz anders aus. Kernkraftwerke sind heute rund sechsmal so teuer wie vor zehn Jahren. Der Preis der Brennstäbe ist heute real gerechnet ungefähr doppelt so hoch, und die geschätzten Kosten der Entsorgung haben sich gar verachtfacht.

Das weltumspannende Projekt Atomenergie ist offenbar gescheitert, bevor es richtig angefangen hat. Das dicke Ende steht noch aus. Wiederaufbereitung und Endlagerung des strahlenden Abfalls sind noch immer ungelöste Probleme. Nicht umsonst ist die Atomenergie zum Symbol für das grössenwahnsinnige, technokratische Denken unserer Zeit geworden. In eingleisiger Begeisterung haben Männer in

lebensfremder Abgeschiedenheit eine gigantische Maschinerie für die Ewigkeit entworfen, die sich als zu kompliziert und zu schwerfällig erwiesen hat.

Einerseits sind die Anlagen heute teurer und unzuverlässiger, als man anfangs hoffte. Weil menschliches und technisches Versagen hier katastrophale Folgen von bisher unbekanntem Ausmass haben könnte, sind Sicherheitsvorkehrungen durchgesetzt worden, wie sie bisher kein Industriezweig kannte. Andererseits lässt sich der Energieverbrauch heute nicht mehr auf zehn, zwanzig Jahre hinaus so präzis voraussagen, wie das für den Einsatz der Atomenergie notwendig wäre. Die wirtschaftliche Zukunft ist ungewiss, Energieeinsparungen werden rentabel und wirksam.

Mit der Begeisterung ist es vorbei. In Gesprächen mit Leuten aus der Atombranche stösst man in den letzten Jahren auf zunehmende Mut- und Ratlosigkeit, die mitunter zu einem verbissenen Beschwören lebensfremder Visionen oder zu distanzierter Gelassenheit und manchmal zu einem Meinungswandel führt. Von einer grossen Zukunft der Atomenergie spricht heute niemand mehr. Auch die Hoffnungen auf den Schnellen Brüter sind nach den Debakeln in Kalkar und Clinch River verflogen.

Trotzdem aber ist das Kapitel Atomenergie noch lange nicht abgeschlossen. Die Maschinerie ist träge. Zu den 317 Atomkraftwerken, die heute weltweit laufen, werden noch weitere 209 dazukommen, die bereits im Bau sind, es sei denn, weitere Projekte werden während der Ausführung aufgegeben. Die Atomwirtschaft, und mit ihr klotziges Denken in grossen Blöcken, bleibt gewichtig.

In der öffentlichen Diskussion spielt die alte Versprechung vom "billigen Atomstrom" immer noch eine wichtige Rolle. Zu Recht fürchtet sich weitaus die Mehrheit der Schweizer vor der Gefahr eines Reaktorunfalls, vor langfristigen genetischen Schäden, vor der Notwendigkeit, den Abfall über Generationen zu sichern, oder vor den politischen Folgen einer so verletzlichen Technik. Doch viele von ihnen lassen sich heute noch durch die Drohung verunsichern, dass eine Abkehr von der Atomenergie wirtschaftliche Nachteile mit sich bringen werde.

"Eine Verknappung des Energie- und insbesondere des Elektrizitätsangebotes hätte nachteilige Folgen für Wirtschaftswachstum und Beschäftigungslage. Ganze Lebensbereiche des Einzelnen, der Wirtschaft und des Staates könnten lahmgelegt oder zum Teil gefährlich gestört werden." So warnt der Bundesrat in seiner Botschaft über die Volksinitiative "für eine Zukunft ohne weitere Atomkraft

werke". Die Elektrizitätswirtschaft befürchtet gar "für die gesamte Volkswirtschaft unseres Landes katastrophale Folgen" für den Fall, dass man von der Atomenergie Abschied nehmen wolle. Diese Behauptungen machen in der heutigen Krise noch vielfach Eindruck. Dass sie falsch sind, ja, dass gerade das Gegenteil stimmt, zeigen sowohl einfache Ueberlegungen als auch eine seit Jahren wachsende Zahl von ernstzunehmenden, detaillierten Untersuchungen. Die Atomenergie wird uns alle teuer zu stehen kommen: Die Konsumenten, den Staat, Gewerbe und Industrie, die kleinen Elektrizitätswerke und schlussendlich wohl auch die grossen. Das soll hier dargelegt werden.

Das Schüren der Angst vor unangenehmen Folgen beim Aufgeben der bisherigen Energiepolitik ist nicht nur ein übler Propagandatrick. Die lautstarken Befürworter der Atomenergie glauben oft selber daran. Es sind Männer, die zur Zeit des Wirtschaftswachstums in einer technokratischen Tradition Karriere gemacht haben. Sie sind befangen im Versorgungsdenken der sechziger Jahre. Die Energiefrage war für sie immer nur das Problem, wie genügend Energie für einen wachsenden Konsum herbeigeschafft werden kann. Wie diese genutzt wird, damit haben sich die Leute in den Versorgungsunternehmen kaum befasst. Atomenergie müsse das Oel ersetzen, heisst es immer wieder, und Atomstrom sei billiger als Kohlestrom. Das kann man im einzelnen widerlegen, vor allem aber ist dies eine falsche Alternative. Es geht nicht um die Wahl zwischen Atom und Kohle oder Oel, es geht darum, ob man Milliardensummen in gigantische neue Produktionsanlagen steckt oder in die effizientere Nutzung der verfügbaren Energie. Da zeigt sich eindeutig, dass die Atomenergie schlechter abschneidet.

Der Verbrauch von fossilen Brennstoffen tötet heute unsere Wälder und führt langfristig wegen des Treibhauseffekts des abgegebenen Kohlendioxids zu einer Erwärmung der Atmosphäre und einschneidenden Klimaveränderungen. Wir müssen ihn so schnell wie möglich stark senken. Doch die Atomenergie ist weder technisch noch wirtschaftlich als Ersatz geeignet.

Um die Hälfte der fossilen Brennstoffe durch Atomstrom zu ersetzen, müssten in der Schweiz 20 Kernkraftwerke von der Grösse Leibstadts gebaut werden, die im Sommer nicht ausgelastet werden könnten. Dabei wird Wärme aus Leibstadt-Strom mehr als dreimal so teuer wie aus Heizöl. Auch wenn in grossem Umfang die Atomwärme mittels Fernheizung direkt genutzt würde, wäre ein unglaublicher Aufwand notwendig. Man brauchte einige Kernkraftwerke weniger, doch müssten grossflächige Fernheiznetze gebaut werden, die auch mit Gratisabwärme kaum konkurrenzfähig zu betreiben sind. Für viele Jahrzehnte würden sie günstigere

Alternativen verhindern. Da Planung und Bau eines Atomkraftwerks zudem rund zehn Jahre brauchen, ist es offensichtlich aussichtslos, einen wesentlichen Teil des Oels innert nützlicher Frist auf diese Weise zu ersetzen.

Im Ernst verlangt denn auch niemand ein Atomprogramm, das den Verbrauch an fossilen Brennstoffen wirksam senken könnte, es wäre allzu absurd. Und doch spricht man von Oelsubstitution, Elektroheizungen werden gefördert. Gemäss der Botschaft des Bundesrates zur Bewilligung von Kaiseraugst soll im Winter 1989/90 mehr Strom zur Oelsubstitution verheizt werden, als der Schweizer Anteil an der Produktion von Kaiseraugst beträgt. Doch würden dadurch nur 3,5 % des Erdölverbrauchs eingespart. Kaiseraugst würde also nur für die Elektroheizung gebaut. Das käme teuer. Wenn das Werk Anfang der neunziger Jahre in Betrieb ginge, könnten verglichen mit der herkömmlichen Oelheizung jedes Jahr bis zu 700 Millionen Franken volkswirtschaftliche Verluste entstehen, etwa hundert Franken pro Kopf der Bevölkerung.

Wirksam und wirtschaftlich lassen sich die fossilen Brennstoffe dagegen durch Energiesparinvestitionen ersetzen. Mit Spartechnologien, die schon heute verfügbar und rentabel sind, kann man den Wärmeverbrauch innert zwanzig Jahren auf weniger als die Hälfte senken. Die Wärmedämmung der Gebäude und der Einbau effizienter Heizungsanlagen stehen dabei im Vordergrund. Wärme-Kraft-Kopplungs-Anlagen in Verbindung mit Wärmepumpen und kleinen Fernheiznetzen sind besonders sparsame und kostengünstige Wärmelieferanten. Auch im Elektrizitätsbereich sind Einsparungen mit einfachen Mitteln in einem Ausmass möglich, das der Oeffentlichkeit noch kaum bekannt ist. Bei den Haushaltgeräten liesse sich der Stromverbrauch gar auf einen Drittel senken, mit Mehrkosten, die sich in sechs bis neun Jahren amortisieren.

So wären wir wohl die Energiesorgen los, wenn sich die günstigsten Lösungen durchsetzen könnten. Doch das Spiel der Marktkräfte wird im Energiebereich durch vielfältige Hindernisse und Verzerrungen beeinträchtigt. Die riesigen Anlagen und Systeme zur Produktion und Verteilung von Energie werden von grossen, finanzstarken Gesellschaften gebaut, die sehr langfristig kalkulieren können. Sparinvestitionen dagegen müssten vor allem die schlecht informierten Verbraucher und Hauseigentümer tätigen. Sie haben viel grössere Schwierigkeiten mit der Finanzierung und erwarten, dass sich das investierte Geld schon in wenigen Jahren zurückzahlt. Der grösste Teil der Schweizer wohnt zudem in Mietshäusern, deren Eigentümer an einer Senkung der Heizkosten nicht sonderlich interessiert sind. Meist haben die privaten Verbraucher kaum eine Wahl.

Doch Vertreter etablierter Unternehmen und Institutionen im Energiebereich versuchen immer wieder, eine Aenderung der bisherigen Politik mit einer weiteren falschen Alternative abzuwehren: Marktwirtschaft oder Planwirtschaft. Zur Durchsetzung einer besseren Energienutzung seien starke staatliche Eingriffe notwendig, heisst es, und das widerspreche unserer Wirtschaftsordnung. Vorschläge, wie die folgenschweren Verzerrungen und ungleichen Chancen auf dem Energiemarkt mit Abgaben, Finanzierungsbeihilfen und Rahmenvorschriften teilweise ausgeglichen werden könnten, lehnen sie als dirigistisch und systemfeindlich ab.

Ausgerechnet Vertreter der Elektrizitätswirtschaft geben sich als Verteidiger einer freiheitlichen Marktordnung. Ihre Moral ist doppelbödig. Denn tatsächlich muss man heute von einer schwerfälligen und ineffizienten Planwirtschaft der grossen Elektrizitätsgesellschaften sprechen, die in ihren Gebieten ein staatlich sanktioniertes Monopol innehaben und die Folgen von gigantischen Fehlinvestitionen auf die Konsumenten abwälzen können. Mit ihrer Tarifpolitik belohnen sie die Stromverschwendung und zwingen alle Konsumenten, die unwirtschaftliche Elektroheizung zu subventionieren. Mit ihrer Weigerung, privat erzeugten Strom zu angemessenen Preisen zurückzukaufen, behindern sie die Entwicklung von günstigeren Alternativen. Mit dem Ausbau der nuklearen Strom- und Fernheizung suchen sie ihre Macht und die Abhängigkeit der Konsumenten weiter zu vergrössern. Bemerkenswert ist: Die einzigen noch nennenswerten Atomprogramme der Welt werden in Frankreich und in der Sowjetunion von mächtigen Planungsbürokratien durchgesetzt.

Die grossen Elektrizitätsgesellschaften haben seit Jahrzehnten immer grössere Anlagen gebaut, die immer längere Planungszeiten benötigen und darauf vertraut, dass der Verbrauch gleichmässig immer weiter steigen wird. Bisher sind die schweizerischen Elektrizitätswerke mit dieser Politik noch gut gefahren. In den letzten Jahren hat sich die Lage im Energiebereich aber plötzlich sehr schnell geändert. Die Preise stiegen, und trotz aller Hindernisse wurde vermehrt in Spartechniken investiert. Ausserdem ging das Wirtschaftswachstum zurück. Die langfristigen Planungen gerieten durcheinander. Allein zwischen 1972 und 1978 sanken die Prognosen für den Energieverbrauch im Jahre 2000 auf die Hälfte. Die Zunahme des Stromverbrauchs hat sich weltweit halbiert, nicht aber in der Schweiz. Grosse Ueberkapazitäten an Kraftwerken sind in den meisten Industrieländern die Folge. Verschiedene amerikanische Elektrizitätsversorger kämpfen mit dem Bankrott. In der Bundesrepublik könnte man alle Atomkraftwerke abschalten, ohne die Versorgung zu gefährden.

Während der Elektrizitätsverbrauch besonders seit 1979 weltweit erlahmte, konnten die schweizer Stromverkäufer stolz weiterhin prächtige Zuwachsraten melden. Dieser ungewöhnliche Erfolg wird erklärlich, wenn man sich die Mühe macht, die Preisentwicklungen genauer anzuschauen. Dank der verlässlichen und bisher günstigen Wasserkraft blieben die realen Strompreise in der Schweiz bis vor kurzem praktisch konstant, während die übrigen Energiepreise steil anstiegen. Anderswo dagegen schlugen schon die kletternden Oel- und Kohlepreise auf die Elektrizitätstarife durch, besonders die zweite Oelkrise Ende 1979 bewirkte einen starken Anstieg. Gleichzeitig begann sich in vielen Ländern die Inbetriebnahme der teuren Atomkraftwerke auf die Stromkosten auszuwirken. Die Verbraucher reagierten stärker als erwartet. Seit 1979 geht der spezifische (also auf das Bruttosozialprodukt bezogene) Stromverbrauch im Durchschnitt der OECD-Länder zurück, während er in der Schweiz bisher weiterhin munter anstieg. Trotzdem schaffte man es im Ausland, wesentlich mehr fossile Brennstoffe einzusparen, als bei uns.

Doch nun gehen auch für die schweizerische Elektrizitätswirtschaft die goldenen Zeiten dem Ende zu. Die hohen Kosten des Atomstroms und der subventionierten Elektroheizung beginnen jetzt auch hier, die Tarife kräftig in die Höhe zu treiben. Die Reaktion der Verbraucher wird wie im Ausland trotz aller Markthindernisse nicht lange auf sich warten lassen. Das Scheitern der Planungen ist abzusehen. Den Strom aus Leibstadt zum Beispiel werden die Elektrizitätsgesellschaften zu Schleuderpreisen auf dem inzwischen von Ueberkapazitäten geplagten europäischen Strommarkt losschlagen müssen. Allein das dürfte jährlich rund 400 Millionen Franken Verluste einbringen. Schon heute wird mehr Strom exportiert, als Gösgen und Mühleberg zusammen produzieren. Die Zeche für diese verfehlte halbprivate Planwirtschaft werden wir alle zahlen müssen - über die Stromtarife, oder wenn es ganz schlimm kommt, auch über die Steuern.

Eine Abkehr von der bisherigen eingleisigen Versorgungspolitik, der Fixierung auf die Produktion von Energie in immer grösseren, schwerfälligen Anlagen scheint unausweichlich. In den Vereinigten Staaten hat der teure Atomstrom vielerorts zu so erschreckenden Tarifaufschlägen und Schwierigkeiten der Elektrizitätswerke geführt, dass viele Gesellschaften ihre Politik grundlegend revidiert haben. Weil auch neue Kohlekraftwerke die Strompreise in die Höhe treiben, beginnen sich viele Versorgungsunternehmen aktiv um Energieeinsparungen bei ihren Kunden zu bemühen und entwickeln auf diese Weise einen neuen Geschäftszweig.

Wohin eine sture Ausrichtung der Energiepolitik auf die Atomkraft führt, zeigt das Beispiel Frankreichs. Trotz massiver staatlicher Subventionen erwirtschaftet die

Electricité de France Milliardendefizite und hat die Auslandverschuldung Frankreichs in bedenkliche Höhen getrieben. Die gewaltigen Kapitalmengen, die im Elektrizitätsbereich investiert werden, fehlen in anderen Sektoren. Die Investitionsrate der übrigen Industrie ist deshalb seit Anfang der siebziger Jahre um fast ein Drittel gesunken. Das hat die Innovations- und Widerstandskraft der französischen Wirtschaft schwer beeinträchtigt. Doch auch der verbilligte Strom findet nicht den erhofften Absatz, so dass Frankreich ihn nun zu Tiefpreisen im Ausland loszuschlagen sucht.

Atomenergie schadet der Wirtschaft. Sie kommt teuer. Und sie verzögert günstigere Alternativen, vor allem das Energiesparen. Energieeffiziente Produktionsanlagen und Produkte würden die schweizerische Wirtschaft krisenfester machen und Vorteile im internationalen Wettbewerb bringen. Investierte man die beträchtlichen Summen, die heute für die Produktion von Elektrizität und den Einkauf von Brennstoffen ausgegeben werden, in Spartechniken, so liessen sich damit zudem ungleich mehr Arbeitsplätze schaffen. Besonders kleine und mittlere Betriebe würden davon profitieren.

Diese knappe Uebersicht zeigt: die wirtschaftlichen Nachteile der Atomenergie sind überwältigend. Das kann so nicht sein, wird man einwenden. Die entscheidenden Männer in Wirtschaft, Politik und Wissenschaft, die sich für die Atomenergie eingesetzt haben und dies noch immer tun, sind schliesslich nicht dumm. Die hier kurzgefassten Aussagen sollen in diesem Report eingehend erläutert und belegt werden. Und doch: das hier dargelegte Ausmass wirtschaftlicher Unvernunft mag erstaunen, die hier angestellten Betrachtungen mögen so ungewohnt sein, dass sie unglaubhaft erscheinen.

Verständlich werden die heutige Situation und die düsteren Zukunftsperspektiven der Atomenergie erst, wenn man ihre Entstehungsgeschichte betrachtet. Da zeigt sich, dass sich die Wünsche und Hoffnungen, die politischen und wirtschaftlichen Machtkonstellationen, die Beurteilung von technischen Risiken, das Verhältnis zur Umwelt und die Betrachtungsweise des Energieproblems im Laufe der Zeit stark gewandelt haben. Erst nach und nach stiess man auf die heute sichtbaren Schwierigkeiten mit dieser völlig neuartigen Technik. Gleichzeitig wurden Sachzwänge geschaffen und Machtpositionen aufgebaut. All dies hat die Wirtschaftlichkeit der Kernenergie beeinflusst, sie kann nicht unabhängig davon betrachtet werden. Der Blickwinkel der Beteiligten hat sich in unterschiedlichem Mass erweitert. Auf die erstaunlichen Möglichkeiten der Energieeinsparung ist man zum Beispiel erst in den letzten Jahren aufmerksam geworden, doch die heute Verantwortlichen für die Energiepolitik haben sie noch kaum zur Kenntnis genommen.

Der Blickwinkel hängt natürlich auch von der Interessenlage ab. Die Elektrizitätswirtschaft sucht mit der Atomenergie ihre einflussreiche Stellung zu festigen und auszubauen. Mit Ausnahme der Kraftwerkhersteller kann jedoch die übrige Privatwirtschaft kein Interesse an diesem kostspieligen Abenteuer haben. Es wäre daher an der Zeit, dass sie ihre blinde Solidarität aufgibt und die Rechnung der Stromverkäufer nachprüft.

Zu einer umfassenderen Betrachtungsweise sollen auch die folgenden Kapitel beitragen. Dann wird vielleicht am Ende dieser Untersuchung verständlich, warum der Niedergang der Atomenergie weit über das Energieproblem hinaus von historischer Bedeutung ist.

2. Aufstieg und Niedergang der Atomenergie

Atome für den Frieden: Ein kurzer Traum

Angefangen hat die Entwicklung der Atomtechnik mit dem Bau der Atombombe. In vermeintlichem Wettrennen mit dem Dritten Reich, ohne Rücksicht auf die Kosten und mit dem Einsatz von Tausenden von Wissenschaftern entwickelten die Amerikaner im Projekt "Manhattan" die grundlegenden Techniken der Atomspaltung, Reaktoren wurden gebaut, um Material für die Bomben herzustellen. Hiroshima und Nagasaki machten das Atom für die Welt zu etwas Schrecklichem. Als Gegenstück verkündete Präsident Eisenhower dann 1953 ein grossangelegtes Programm zur friedlichen Nutzung der Atomenergie "Atoms for Peace". Die bislang nur zerstörerisch angewendete Kraft wollte man zum Segen der Menschheit einsetzen. "Damals wurde das schreckliche Bild von Hiroshima mit Prophezeiungen schier unerschöpflicher Möglichkeiten der Atomtechnik übermalt. Die Vorstellung vom anbrechenden 'Atomzeitalter' als einer Epoche gesegneter Fülle verbreitete sich", schreibt heute der ehemalige Atommanager Klaus Traube.[1]

Der Geschichtsprofessor Joachim Radkau hat kürzlich in einem umfangreichen Buch die Entwicklung der deutschen Atomwirtschaft dargestellt. Darin heisst es über diese Anfangszeit: "Ein buntes Spektrum gross- und kleintechnischer Perspektiven pflegte von der Atomzeitalter-Literatur wie eine gesicherte Realität ausgemalt zu werden: eine Revolutionierung der chemischen Industrie durch die Strahlenchemie; Meerwasserentsalzung, Wüstenbewässerung und Erschliessung arktischer Gebiete mittels der Kernenergie; Einsatz von Kleinreaktoren nicht nur in Schiffen und U-Booten, sondern auch in Flugzeugen, Lokomotiven, je selbst Automobilen und Klimaanlagen von Einzelhäusern. Auch die Revolutionierung der Messtechnik durch die Elektronik wurde gern in einem unabgegrenzten Kontinuum zur Atomwissenschaft geschildert; das Atom schien fähig, ganz verschiedene Bereiche zu einem

Strukturzusammenhang zu vereinen. Grossräumige Landschaftskorrekturen mittels friedlicher Kernenergieexplosionen - Kanaldurchbrüche, Erschliessung von tiefliegenden Bodenschätzen wurden in Aussicht gestellt."[2] In der Aufbruchstimmung der Nachkriegszeit glaubte man an diese unbegrenzten Möglichkeiten und schuf mächtige Organisationen, die sie realisieren sollten. Es entstanden spezielle Behörden und Forschungszentren, die bis heute einflussreich geblieben sind. In keine andere Technik haben die Regierungen je soviel Geld investiert. Weniger die Wirtschaft, sondern vielmehr die Wissenschafter heizten damals mit ihren Verheissungen die Atomeuphorie an. Viele von ihnen hatten an der Entwicklung der Atombombe mitgearbeitet und damals ihren wissenschaftlichen Ruf begründet. Die friedliche Nutzung ihrer Erkenntnisse lag ihnen am Herzen. Sie glaubten grösstenteils daran, doch durch die Wahl der Reaktortypen und der Wiederaufbereitungsverfahren blieb die zivile Atomtechnik der militärischen eng verbunden.[3] Die Elektrizität werde so billig, prophezeiten prominente Forscher, dass es sich nicht mehr lohnen werde, Stromzähler einzubauen.[4]

Mir scheint, diese Entstehungsgeschichte der Atomenergie hilft verstehen, warum weite Kreise immer noch so hartnäckig an dieser Technik festhalten. Warum immer noch so viele Hoffnungen an sie geknüpft werden, die sie offensichtlich nicht erfüllen kann. Damals ist die Atomenergie für viele zu einem Symbol geworden. Zu einem Symbol für ihren Glauben an die technische Machbarkeit einer besseren Zukunft: "Lilienthal, der erste Vorsitzende der US-Atomkommission", schreibt Radkau, "bekannte später: Hätte man schon 1946 gewusst, dass bei der Kerntechnik am Ende nichts weiter als ein neuer Weg zur Stromerzeugung herauskommen würde, dazu einer, der nicht einmal billiger sei als die bisherigen Methoden, so wäre der Kongress nie zu der milliardenhohen Förderung bereit gewesen."[5]

1955 fand in Genf die erste internationale Konferenz "Atome für den Frieden" statt, an der die Atommächte ihr bisher geheimgehaltenes Wissen über die Kernspaltung in grösserem Umfang zugänglich machten. Noch im gleichen Jahr unterstützte die Eidgenossenschaft den Bau eines Versuchsreaktors in Würenlingen mit 11,8 Millionen Franken.[6] Später entstand aus der anfänglich privaten Anlage (BBC) das Eidgenössische Institut für Reaktorforschung (EIR). Bald konzentrierte man sich auf die Entwicklung von grösseren Atomkraftwerken, eine Vielzahl von Firmen beeilte sich, mit staatlicher Unterstützung in die Atomtechnik einzusteigen. Allein in der Bundesrepublik wollten acht Konzerne eigene Reaktoren herstellen. Weltweit wurde eine Vielzahl verschiedener Typen entwickelt. Keiner der grossen Industriestaaten wollte im Weltlauf um die "Technik der Zukunft" abgehängt werden. Von 1960 an gingen die ersten Demonstrationskraftwerke in

Betrieb. Doch die Elektrizitätswirtschaft zeigte vorerst wenig Interesse an der neuen, noch teuren Technik. Das Oel war damals billig. Die Situation änderte sich, als Ende 1963 General Electric mit der Jersey Central Power & Light Company einen Vertrag für ein schlüsselfertiges Kernkraftwerk abschloss, zu einem festen Preis, der mit Kohlekraftwerken konkurrieren konnte.[7] Eine Reihe ähnlicher Abschlüsse folgte bald, die Atomtechnik schien ausgereift. 1966 und 1967 bestellten die amerikanischen Elektrizitätswerke dann 51 Kernkraftwerke ohne Festpreis, bei denen sie das Risiko von Kostenüberschreitungen selber übernahmen. Auch im Ausland betrieb die amerikanische Atomindustrie eine aggressive Verkaufspolitik, ihre Leichtwasserreaktoren setzten sich weltweit durch. Kanada, Frankreich, die Bundesrepublik und Grossbritannien gaben nach und nach ihre Eigenentwicklungen auf und übernahmen amerikanische Lizenzen. Die Schweiz bestellte Beznau und Mühleberg. 1970 waren weltweit (ohne Ostblock) erst knapp fünfzig Anlagen mit einer Gesamtleistung von nur rund 14'000 Megawatt (vierzehn mal Gösgen) in Betrieb. 107'000 Megawatt waren im Bau oder bestellt.[8]

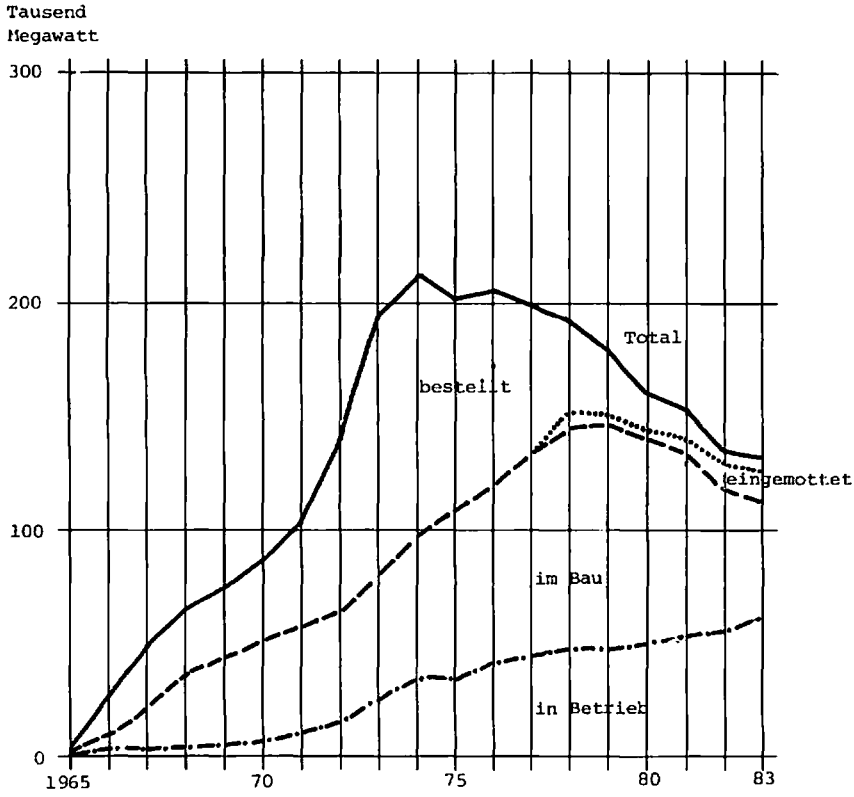
Doch der vielbeachtete Aufschwung war nur ein kurzes Strohfeuer. Als die Atomkraftwerke nicht mehr schlüsselfertig zu Festpreisen gebaut wurden, stellte sich langsam heraus, dass sie doch recht teuer waren. Schon 1974, ausgerechnet kurz nach der ersten Oelkrise, gingen die Bestellungen zurück. In den Vereinigten Staaten, dem Ursprungsland der Atomenergie, wo die Hälfte der weltweiten Kernkraftkapazität installiert ist, sind zwischen 1975 und November 1983 siebenundachtzig geplante Atomkraftwerke mit einer Gesamtleistung von 83'000 Megawatt gestrichen worden. Nur zwei der in den letzten neun Jahren in Auftrag gegebenen Anlagen hat man nicht definitiv aufgegeben, aber auch an diesen Projekten ruht die Arbeit. Die Zahl der konkreten Atomkraftwerke, die in Betrieb, im Bau oder bestellt sind, ging in den USA damit seit 1974 zurück, bis heute um ein gutes Drittel (Siehe Abb. 2.1).[9] In den anderen Industriestaaten dauerte die Reaktion etwas länger, doch seit 1979 wird auch weltweit die Liste der existierenden und bestellten A-Werke kürzer (siehe Abb. 2.2)[10]

Noch 1970 hatte die Wirtschaftsorganisation der westlichen Industrieländer und Japans, OECD, für das Jahr 1985 eine Kernkraftkapazität von 563'000 Megawatt in ihren Mitgliedsländern vorausgesagt. Jahr um Jahr musste sie diese Prognose zurücknehmen. 1978 tippte sie noch auf 214'000 (siehe Abb. 2.3)[11]. Wie dramatisch dieser Rückgang der Voraussagen ist, wird erst deutlich, wenn man sich vergegenwärtigt, dass der Bau eines Atomkraftwerks heute etwa zehn Jahre dauert. Die Internationale Atomenergie-Organisation IAEA senkte ihre weltweiten Prognosen erst ab 1974, dafür aber um so drastischer.[12]

Trotzdem wird die Atomkraftkapazität noch stark ansteigen. Ende 1983 waren in 25 Ländern 317 Kernkraftwerke mit einer Leistung von insgesamt 191'000 Megawatt in Betrieb (siehe auch Tab. 2.1). Sie lieferten 12 Prozent des weltweit erzeugten Stroms. In den nächsten drei Jahren sollen weitere 100 Anlagen dazukommen, die die nukleare Gesamtkapazität um 60 Prozent erhöhen. Insgesamt sind heute noch 194'000 Megawatt im Bau oder bestellt. Gegenwärtig werden jährlich noch rund 40 Milliarden Dollar für die 171 im Bau befindlichen Kernkraftwerke ausgegeben. Doch diese Summe sinkt.[13]

Abb. 2.1.

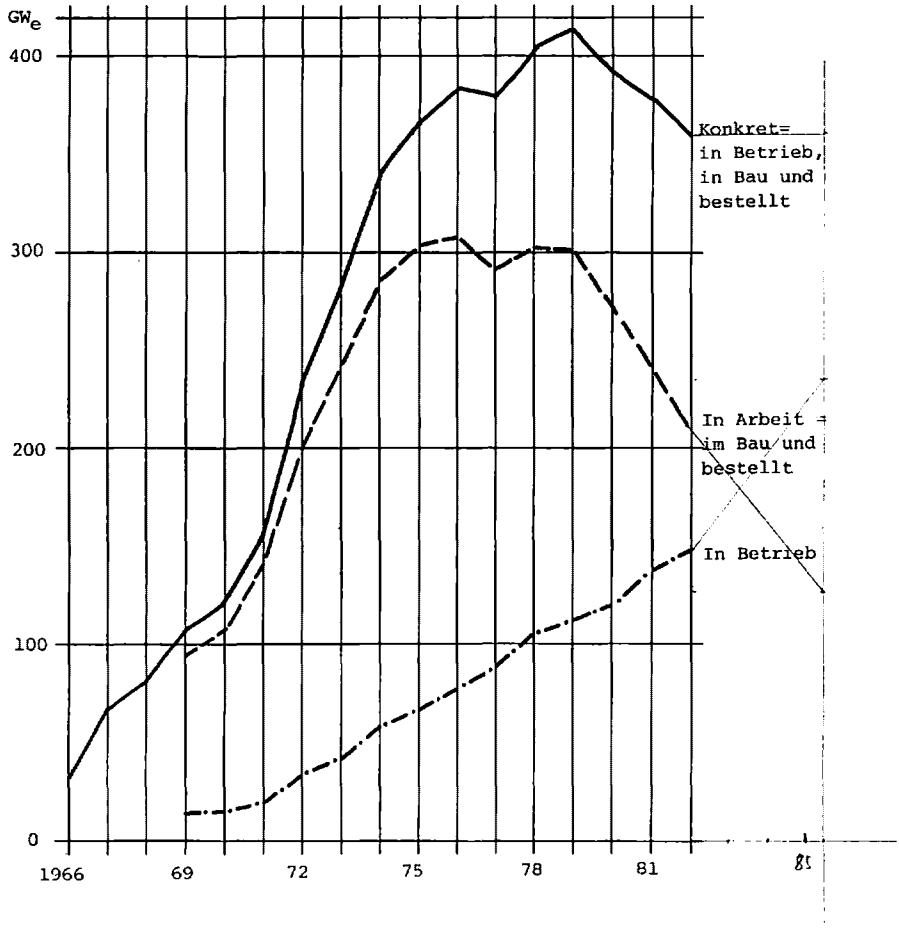
MIT DER ATOMENERGIE GEHT ES BERGAB:
Kernkraftwerksleistung in den Vereinigten Staaten



Quelle: Flavin (1982), S. 34

Abb. 2.2.

KERNKRAFTWERKSLEISTUNG DER WELT
(ohne Ostblock)

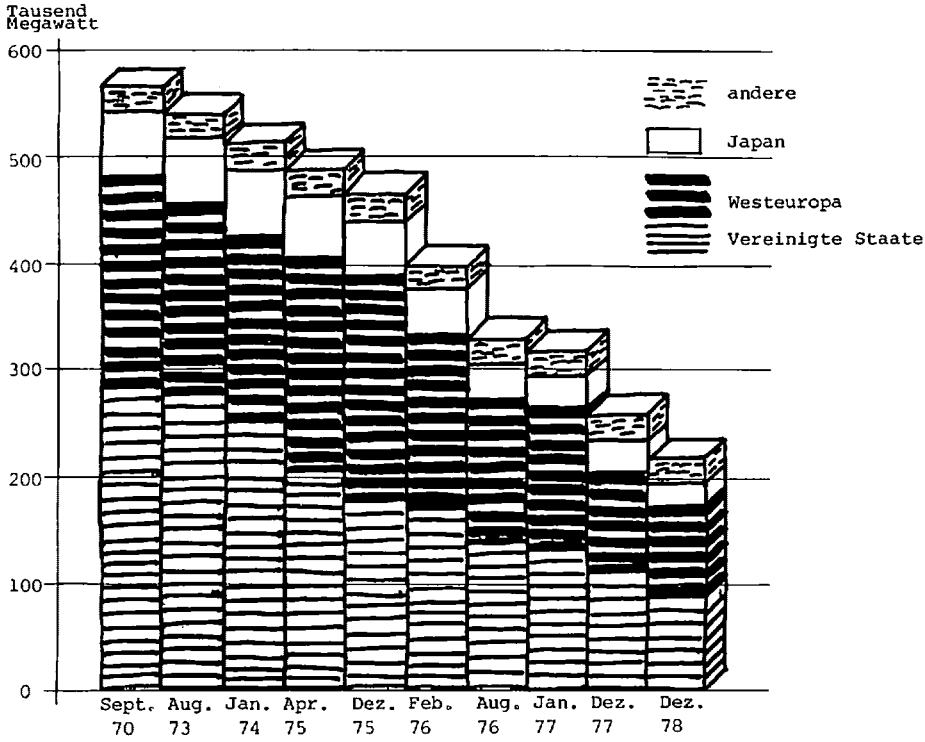


Quelle: Traube/Ullrich (1982), S. 318; Jahrbuch atw (1984) S. 139

Abb. 2.3.

PURZELNDE PROGNOSEN:

Voraussagen der OECD für die Kernkraftwerk-Kapazität im Jahr 1985



Quelle: IEA, World Energy Outlook (1982), S. 330

Tab. 2.1.

DAS WELTWEITE ATOMENERGIE-ENGAGEMENT
im November 1983

Land	in Betrieb Kraft-werke	Megawatt	bestellt oder im Bau*		insgesamt	
USA	77	60,026	64	70,376	141	130,402
Frankreich	31	21,778	31	34,520	62	56,298
Bundesrepublik	12	9,806	17	19,516	29	29,322
Japan	25	16,652	15	12,649	40	29,301
Sowjetunion	34	18,915	11	9,880	45	28,795
Kanada	12	6,622	12	8,710	24	15,332
Grossbritannien	34	9,273	8	5,115	42	14,388
Spanien	6	3,820	7	6,801	13	10,621
Schweden	10	7,300	2	2,110	12	9,410
Südkorea	1	556	8	6,710	9	7,266
Belgien	5	3,450	2	2,000	7	5,450
Schweiz	4	1,940	3	3,007	7	4,947
Taiwan	4	3,110	2	1,814	6	4,924
Tschechoslowakei	2	880	8	3,520	10	4,400
Italien	3	1,285	3	2,004	6	3,289
Brasilien	-	-----	3	3,116	3	3,116
DDR	5	1,830	2	880	7	2,710
Indien	4	804	6	1,320	10	2,124
Argentinien	1	335	2	1,292	3	1,627
Rest der Welt	12	5,205	21	14,044	33	19,249
Weltweit	282	173,587	227	209,384	509	382,971

* einschliesslich mehr als zehn Anlagen, wo der Bau eingestellt wurde

Quelle: Flavin (1983), S. 8 nach: Nuclear News, August 1983, Atomic Industrial Forum and press reports.

Finanzielles Fiasko in den USA: Seit Harrisburg mag niemand mehr

Besonders in den Vereinigten Staaten werden keine neuen Bestellungen mehr erwartet. Finanzberater Leonard Hyman, Vizepräsident der renommierten New Yorker Brokerfirma Merrill Lynch meint, es werde "in den nächsten fünf Jahren, vielleicht sogar im ganzen nächsten Jahrzehnt keine einzige Bestellung geben". Und Irving C. Bupp, Professor an der Harvard Business School, ist überzeugt: "Ich bin sicher, dass es in den USA in diesem Jahrhundert keine Neubestellung von Atomkraftwerken mehr geben wird."[14] Nach der Beinahe-Katastrophe von Harrisburg 1979 wurde in den Vereinigten Staaten kein neues Kernkraftwerk mehr in Auftrag gegeben. Im Gegenteil: mehr und mehr werden auch Anlagen fallengelassen, deren Bau schon recht weit fortgeschritten ist. Das amerikanische Energieministerium hat letztes Jahr die bisherigen Abbestellungen genauer untersucht.[15] Von den insgesamt 251 Kraftwerksbestellungen in der Geschichte der amerikanischen Atomenergie wurden bis Ende 1982 100 wieder rückgängig gemacht, die ersten von ihnen 1972 (siehe Tab. 2.2). Damit wurden etwa 45 Prozent der ursprünglich bestellten Kapazität später aufgegeben (die ältesten realisierten Anlagen waren noch relativ klein). In der Untersuchung wird geschätzt, dass etwa 10 Milliarden Dollar für die 100 zwischen 1972 und 1982 fallengelassenen Kraftwerke ausgegeben worden waren, rund 7 Prozent aller Aufwendungen für den Kraftwerksbau während dieser Zeit. Der grösste Teil dieser Verluste ergab sich nach 1977. Als die wichtigsten Gründe für die Abbestellungen gibt die Studie an: erstens den "dramatischen" Rückgang des Wachstums in den Stromverbrauchsprognosen, zweitens die finanziellen Schwierigkeiten der meist privaten Elektrizitätsgesellschaften und drittens die Tatsache, dass in den meisten Regionen Atomstrom heute teurer kommt als Kohlestrom.

Die Untersuchung des Energieministeriums rechnete, aufgrund der Daten bis Ende 1982, mit weiteren Abbestellungen von dreizehn bis achtzehn Anlagen, die weitere Verluste zwischen 4,5 und 8,1 Milliarden Dollar mit sich bringen würden. Doch es kommt für die Reaktorbauer offensichtlich noch schlimmer. Inzwischen wurden Atomkraftwerke fallengelassen, deren Bau bereits Milliarden gekostet hatte. Auf zehn Baustellen ruht ausserdem die Arbeit.[16] Den bisher letzten Schock löste im Januar 1984 die Aufgabe des Kernkraftwerks Marble Hill im Bundesstaat Indiana

aus, für das bereits 2,5 Milliarden Dollar ausgegeben worden waren.[17] Der mit seinem Buch "Sanfte Energie " international bekannt gewordene Energieexperte Amory Lovins hält für möglich, dass für unnötige Kraftwerke in den USA schlussendlich hundert Milliarden Dollar verloren gehen werden.[18]

Tab. 2.2.

NIEDERGANG SEIT 1974:
Bestellungen und Abbestellungen von Atomkraftwerken in den Vereinigten Staaten 1972 - 1982

	Bestellungen		Stornierungen		Bestellungen insgesamt	
Jahr	Anzahl	MWe	Anzahl	MWe	Anzahl	MWe
vor 1972	131	109'392	-	-	131	109'392
1972	38	41'315	7	6'117	162	144'590
1973	41	46'791	-	-	203	191'381
1974	28	33'263	7	7'216	224	217'428
1975	4	4'148	13	14'699	215	206'877
1976	3	3'804	1	1'150	217	209'531
1977	4	5'040	10	10'814	211	203'757
1978	2	2'240	14	14'487	199	191'510
1979	-	-	8	9'552	191	181'958
1980	-	-	16	18'001	175	163'957
1981	-	-	6	5'781	169	158'176
1982	-	-	18	21'937	151	136'239
Total	251	245'993	100	109'754	151	136'239

Quelle: Energy Information Administration (1983), S. 5

Heute schätzt die Anlageberatungsfirma Value Line, dass mindestens 40 grosse Versorgungsunternehmen durch ihre Atomprojekte in mehr oder weniger gravierende Geldschwierigkeiten geraten sind. Die Branchenvereinigung Atomic Industrial Forum bestätigt, dass die meisten der etwa 50 hängigen Kernkraftwerksbauten ernsthaft gefährdet sind und wegen mangelnder Finanzen möglicherweise nicht fertiggebaut werden können. "Mehrere grosse Versorgungsgesellschaften reden von der Möglichkeit eines Konkurses", meldete kürzlich die Neue Zürcher Zeitung in einem ausführlichen Bericht über die "Atomenergie-Investitionsruinen in Amerika", der wegen seiner unverblümten Darstellung in der Schweiz grosse Beachtung fand.[19]

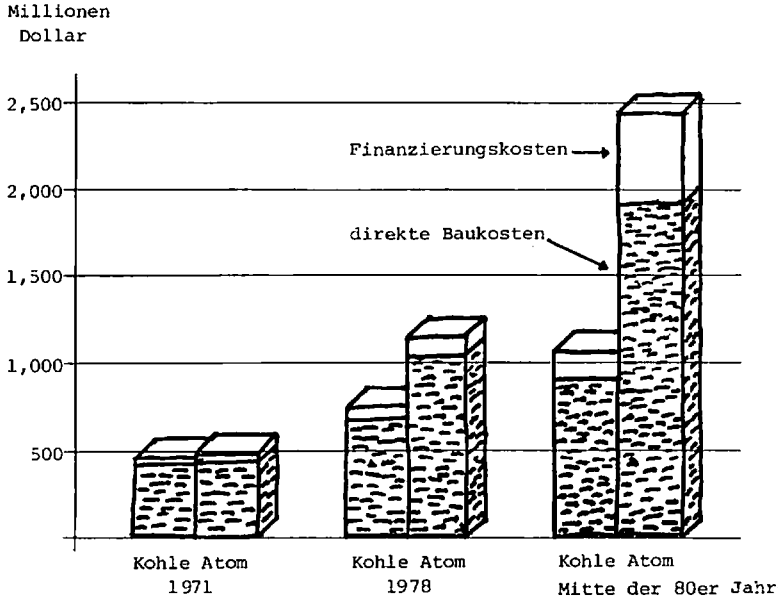
Die massiven Kostensteigerungen beim Bau von Atomkraftwerken haben die meisten Elektrizitätsunternehmen in Schwierigkeiten gebracht. Nach Angaben des amerikanischen Energiedepartements sind die Baukosten für 77 Prozent der fertiggestellten Reaktoren mindestens doppelt so hoch wie ursprünglich geplant, in 28 Prozent der Fälle wurde gar eine Vervierfachung der Kosten registriert.[20] Die Anlagen, die in den nächsten Jahren fertiggestellt werden, werden im allgemeinen fünf- bis zehnmal teurer sein, als ursprünglich budgetiert. 1981 berechnete der amerikanische Energieexperte Komanoff, dass die Baukosten der Kernkraftwerke zwischen 1971 und 1978 jährlich real um 13,5 Prozent angestiegen waren, während die Steigerung bei den Kohlekraftwerken nur 7,7 Prozent betragen hatte. Seine Schätzungen für die Mitte der achtziger Jahre (siehe Abb. 2.4), die anfangs von der Atomindustrie heftig angegriffen wurden, haben sich inzwischen als eher zurückhaltend erwiesen.[21]

An extremen Beispielen fehlt es nicht. Für eine ganze Reihe von Atomkraftwerken, die in der letzten Zeit aufgegeben wurden, hatte man die Kosten bis zur Fertigstellung auf 8 Milliarden Dollar geschätzt. Beim Bauprogramm des Washington Public Power Supply System (WPPSS) im Nordwesten der USA mit fünf Anlagen kletterten die geschätzten Kosten zwischen 1974 und 1981 von 4 auf 24 Milliarden Dollar. Gleichzeitig begann das Wachstum des Stromverbrauchs stark zurückzugehen. Die Gesellschaft musste zwei Anlagen aufgeben, zwei (die schon zu 63 und 75 Prozent fertiggestellt sind) auf unbestimmte Zeit einmotten und erklärte sich im Sommer 1983 ausserstande, die Zinsen für kommunale Obligationen in der Höhe von 2,25 Milliarden Dollar aufzubringen. Ob die Anleihen, die für den Bau der aufgegebenen Kernkraftwerke verwendet wurden, jemals zurückgezahlt werden können, ist fraglich.[22]

Abb. 2.4.

DIE BAUKOSTEN EXPLODIEREN:

Geschätzte mittlere Baukosten für Atom- und Kohlekraftwerke von 1000 Megawatt in den Vereinigten Staaten im Jahr ihrer Fertigstellung (1982er Dollars)



Quelle: Flavin (1983) S. 15

Das hat die Börse schwer schockiert. Das bisher ungebrochene Vertrauen in diese auch von Kleinsparern geschätzte Anlageart wurde dadurch erschüttert. Wallstreet wird der Atomenergie gegenüber immer zurückhaltender. Die (anders als in Europa) zu drei Vierteln privaten Elektrizitätsgesellschaften haben immer grössere Schwierigkeiten, ihren enormen Finanzbedarf zu decken. Wegen des Vertrauensschwundes ist es für sie immer weniger möglich, die benötigten Mittel auf dem Aktien- und Obligationenmarkt zu beschaffen. Mehr und mehr Unternehmen sehen sich gezwungen, teurere kurzfristige Bankkredite aufzunehmen. In einigen prekären Fällen ist auch diese Finanzierungsmethode an ihre Grenzen gestossen. Die Ausgaben für nukleare Bauten waren 1983 höher als ein Viertel der Investitionen für Anlagen und Ausrüstungen im ganzen amerikanischen Produktionssektor und dreimal so hoch wie

in der Autoindustrie.[23] Die Aktien- und Anleihenkurse von Elektrizitätsgesellschaften mit nuklearen Bauprogrammen sind deutlich tiefer als die von Gesellschaften, die sich nicht auf diese Technik eingelassen haben. Viele Anlageberater warnen heute ihre Kunden vor Gesellschaften mit nuklearen Projekten.[24] Auf die Frage, ob es eigentlich zu riskant sei, in Atomkraftwerke zu investieren, sagte letztes Jahr Leonard Hyman, Vizepräsident der grossen New Yorker Brokerfirma Merrill Lynch: "Ich glaube, ja. Nicht, dass die Kernkraftwerke in die Luft fliegen würden, aber es ist riskant, Geld für eine so lange Zeit festzulegen. Mit diesen Kraftwerken macht man möglicherweise erst nach einem Jahrzehnt Geld. Das ist eine entsetzlich lange Zeit, Geld zu riskieren, bevor man irgendeinen Profit davon hat."[25] Nicht nur Kostenüberschreitungen und mangelnde Wirtschaftlichkeit, sondern auch die Erfahrung von Three Mile Island haben die Investoren vorsichtig werden lassen. Die Aufräumarbeiten nach dem bis dahin nicht für möglich gehaltenen Unfall werden nach heutigen Schätzungen mehr als eine Milliarde Dollar kosten. Viele Finanzleute sind der Ansicht, dass die gesamte Elektrizitätswirtschaft für solche Schadenfälle unterversichert ist. Robert Barrett, Vizepräsident bei der Maklerfirma Paine, Webber, Jackson & Curtis nennt die Kernenergie "eine potentielle Zeitbombe, die ein Unternehmen über Nacht an den Rand des Bankrotts stossen kann".[26]

Weltweit Probleme mit der Wirtschaftlichkeit: Atomenergie auf dem Rückzug

Einzigartig auf der Welt ist das Kernenergieprogramm in Frankreich. Nach der Oelkrise 1973 wurde der Entwicklung der Atomenergie höchste Priorität eingeräumt. Das staatliche Atomenergie-Kommissariat CEA, die staatliche Stromversorgungsgesellschaft Electricité de France EDF und die inzwischen ebenfalls verstaatlichte Atomindustrie bauten mit effizienter Planung eine grosse Kernkraftkapazität auf. Zwischen 1974 und 1981 wurden jährlich im Durchschnitt sechs Atomkraftwerke bestellt. 1983 waren 31 Anlagen mit insgesamt 22'000 Megawatt in Betrieb und lieferten über 48 Prozent des in Frankreich erzeugten Stromes.

Weitere 31 Kernkraftwerke mit zusammen 34'500 Megawatt sind im Bau oder bestellt.[27] Eine politische Opposition gegen das Atomenergieprogramm wie in anderen Ländern gab es in Frankreich nur am Rande. Gegenüber der entschlossenen Zentralregierung und den französischen Gerichten hatte sie keine Chance. Den Befürwortern der Atomenergie gilt das französische Programm mit seinen kurzen Bauzeiten, der hohen Standardisierung und dadurch niedrigeren Baukosten als Vorbild.

Doch auch im Atomparadies Frankreich mehren sich die dunklen Schatten. Wirtschaftliche Gründe stellen die Fortsetzung des Programms zunehmend in Frage. Der Stromverbrauch nahm wesentlich weniger zu als erwartet. Im Frühjahr 1983 legte die vom Planministerium eingesetzte Expertenkommission "Groupe long terme énergie" der Regierung einen Bericht mit zwei Varianten der Verbrauchsentwicklung vor, der zum Schluss kam, dass erst 1987 oder gar erst 1991 die Bestellung eines weiteren Kernkraftwerks sinnvoll sei. Es bestehe die Gefahr, dass ab 1985 bedeutende Kapazitäten nicht ausgelastet werden, "ce qui pourrait coûter cher à la nation".[28] Im Juli beschloss dann die französische Regierung, das ursprünglichen Bauprogramm zu kürzen, 1983 und 1984 aber trotzdem je zwei neue Anlagen in Auftrag zu geben. Massive Verkaufsföderung und Bemühungen um den Export von Elektrizität sollen den Stromabsatz erhöhen. Man wollte der für den Bau von jährlich sechs Kernkraftwerken eingerichteten französischen Atomindustrie, die direkt und indirekt 200'000 Menschen Arbeit gibt, keine noch einschneidendere Schrumpfung zumuten. Auch so wird die beschlossene Kürzung Entlassungen zur Folge haben. Der Reaktorhersteller Framatome hat angekündigt, dass die schlechtere Kapazitätsauslastung die Atomkraftwerke um 20 bis 40 Prozent verteuern werde.[29]

Lange wird sich Frankreich ein überdimensioniertes Bauprogramm nicht mehr leisten können. Die EDF hatte Ende 1983 ungefähr 170 Milliarden Francs Schulden,[30] über vierzig Prozent davon im Ausland. Auf dem internationalen Geldmarkt ist sie der drittgrösste Kreditnehmer. Wegen der ungünstigen Währungsentwicklung sind die finanziellen Lasten der EDF 1981 um 70 Prozent gestiegen. 1982 mussten für Zinszahlungen Devisen in der Höhe von 7 Milliarden Francs aufgebracht werden. Frankreich hat ohnehin zunehmend Schwierigkeiten, seinen internationalen Zahlungsverpflichtungen nachzukommen. 1982 verschlangen die Investitionen 23 Prozent aller industriellen Investitionen. Obwohl der französische Staat seiner Elektrizitätsgesellschaft mit Kapitalerhöhungen, zinsgünstigen Krediten und Finanzierungshilfen kräftig unter die Arme gegriffen hat, türmen sich bei der EDF die Verluste. Mit einem Negativsaldo von 7,9 Milliarden Francs im Jahr 1982, trotz

Tariferhöhungen von 14 Prozent, erreichte das kumulierte Defizit 17 Milliarden. Für 1983 wären Preisanpassungen von weiteren 23 Prozent nötig gewesen, um einen neuen Verlust von 14 Milliarden zu verhindern.[31]

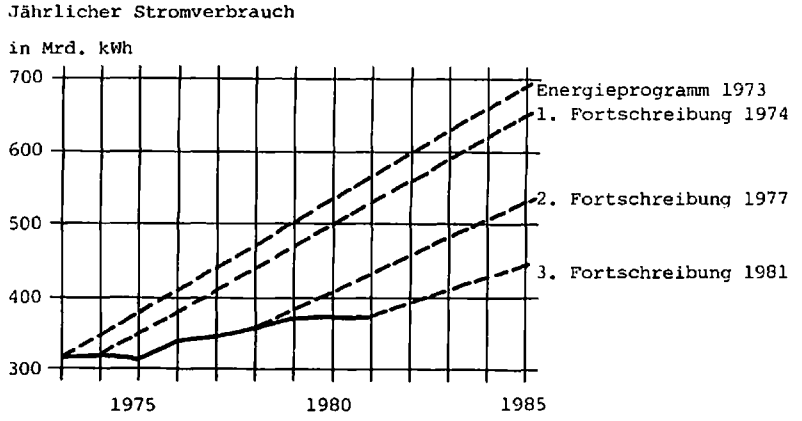
Die sehr günstig erscheinenden offiziellen Kalkulationen für den Preis der französischen Atomkraftwerke sind wegen der undurchsichtigen Finanzierung nicht nachprüfbar und wahrscheinlich zu niedrig.[32] Milliardenzuschüsse zahlt die Regierung zudem an die Nachsorge für die abgebrannten Brennelemente, für die das CEA verantwortlich ist. Wie der Experte für Wiederaufbereitung im französischen Atomenergie-Kommissariat, Jean-Louis Fensch, kürzlich in einem Bericht vorgerechnet hat, müssten für Wiederaufbereitung und Endlagerung nicht 3, sondern 19 Centimes pro Kilowattstunde veranschlagt werden.[33] Der Preis des Atomstroms würde durch diese Korrektur von 20 auf 36 Centimes emporschnellen. Das einst vielgepriesene Atomprogramm ist für die ganze französische Volkswirtschaft zu einer schweren Last geworden (siehe auch Kapitel 7).

In der Bundesrepublik Deutschland wurde das geplante Kernenergieprogramm weit stärker als zum Beispiel in den Vereinigten Staaten oder Frankreich durch eine von grossen Teilen der Bevölkerung unterstützte Anti-Atom-Bewegung behindert. Durch grosse Demonstrationen, politischen Druck und vor allem durch eine Vielzahl von Gerichtsprozessen wurde der Bau einer ganzen Reihe von geplanten Atomkraftwerken verzögert. Die Kritiker machten auf technische Mängel in der Konzeption aufmerksam und konnten teilweise kostspielige sicherheitstechnische Verbesserungen durchsetzen. Nach Harrisburg waren dann dafür auch nicht so weitreichende Nachrüstungen und Anpassungen unumgänglich wie in den Vereinigten Staaten. Aehnlich wie in der Schweiz wird in Westdeutschland seit Anfang der siebziger Jahre heftig über den zu erwartenden Strombedarf und die Notwendigkeit der Atomenergie gestritten. Wie in den anderen Ländern ist der Elektrizitätsverbrauch tatsächlich weit weniger gestiegen als von der Regierung und den Stromversorgern vorausgesagt.[34] Die Elektrizitätswirtschaft, die erst Ende der sechziger Jahre dem Drängen der Regierung nachgab und mit der Kernenergie auf einen aggressiven Expansionskurs setzte,[35] kann heute froh sein über die von ihr heftig bekämpften Verzögerungen. Josef Pfaffenhuber, im Bundesinnenministerium zuständig für Reaktorsicherheit, meint, der anhaltende Protest der Bürgerinitiativen habe den zu raschen Ausbau der Atomkraftwerke rechtzeitig gebremst: "Sie haben eine noch grössere Pleite verhindert".[36]

Abb. 2.5.

STROMVERBRAUCH FALSCH EINGESCHAETZT:

Tatsächlicher Elektrizitätskonsum der BRD und Prognosen der Bundesregierung für 1985



Quelle: Traube/Ullrich (1982) S. 168

Sechzehn Atomkraftwerke (davon vier kleine Forschungsreaktoren) mit einer Gesamtleistung von 11'000 Megawatt sind heute in der Bundesrepublik in Betrieb, zwei mussten vorzeitig stillgelegt werden. Elf Anlagen sind gegenwärtig im Bau und weitere acht sind für später geplant,[37] doch ihre Realisierung scheint angesichts der heutigen Ueberkapazitäten immer fraglicher.

Seit 1975 ist in der Bundesrepublik nur ein einziges Kraftwerk bestellt worden, 1982 wurden nach einem faktischen fünfjährigen Moratorium erstmals wieder atomrechtliche Baubewilligungen für Atomkraftwerke erteilt. Es handelte sich um drei standardisierte "Konvoi"-Anlagen.[38] Bei einer von ihnen, Isar II im bayrischen Ohu, ist der Bau per Gerichtsbeschluss kürzlich wieder gestoppt worden.[39] 1973 hatten Regierung und Elektrizitätswirtschaft für 1985 einen nuklearen Kraftwerkspark von 50'000 Megawatt vorgesehen. Nach den heute gültigen Zeitplänen werden dannzumal höchstens 18'000 Megawatt realisiert sein. Trotzdem sind schon jetzt riesige Ueberkapazitäten vorhanden.[40]

Auch bei den Wiederaufbereitungsanlagen hat man in Deutschland zurückbuchstabiert. Mitte der siebziger Jahre wollte die Atomindustrie eine riesige Fabrik für die Verarbeitung von jährlich 1400 Tonnen abgebrannter Brennstäbe in Gorleben bauen. Wegen massiver Proteste kam das Projekt nicht zustande. Das Konzept wurde von Grund auf überarbeitet. Heute ist nur noch von einer 350-Jahrestonnen-Anlage die Rede, die anderswo gebaut werden soll. Für die ursprünglich vorgesehene Anlage hatte man Baukosten von 4 Milliarden Mark veranschlagt, für die viermal kleinere wurden vom Bonner Forschungsministerium schon Summen von 12 Milliarden genannt.[41]

Ebenso sind die Baukosten der Atomkraftwerke auch in der Bundesrepublik, mit im Durchschnitt jährlich real 9 Prozent, drastisch angestiegen.[42] Vor allem wegen der teuren Atomenergie, die 1983 etwa 21 Prozent der Elektrizität lieferte, mussten die Stromtarife in der letzten Zeit stärker angehoben werden. Wegen Ueberkapazitäten von mehr als 50 Prozent können die deutschen Elektrizitätswerke schon heute nicht alle Kohle verwerten, zu deren Abnahme sie sich langfristig verpflichtet haben. Auch wenn kurzfristig alle Kernkraftwerke abgestellt würden, wäre die Stromversorgung mit einer mehr als ausreichenden Reserve gesichert.[43]

Das Resultat der Bemühungen um die Atomenergie in der Bundesrepublik ist bescheiden, obwohl der Staat es an Engagement nicht hat fehlen lassen. Das Heidelberger Institut für Energie- und Umweltforschung hat berechnet, dass die offen ausgewiesenen und die in anderen Haushaltsposten versteckten Subventionen der Bundesregierung für die Atomtechnologie zwischen 1956 und 1980 insgesamt 27 Milliarden DM betragen haben.[44]

Besonders hohe Summen wurden in den letzten Jahren in die Entwicklung "fortgeschrittener Reaktortechniken" gesteckt. Neben der Entwicklung des Schnellen Brüters, von dem noch in einem eigenen Abschnitt die Rede sein soll, wird in der Bundesrepublik auch noch an einem gasgekühlten Hochtemperaturreaktor mit kugelförmigen Brennelementen gearbeitet. Bei Hamm entsteht - von der Industrie nur zu 17 Prozent mitfinanziert - ein umstrittenes Demonstrationskraftwerk dieses Typs, das bei einer Leistung von 300 Megawatt inzwischen 4 Milliarden Mark kosten soll. Es wird wohl das einzige seiner Art bleiben, denn die Industrie hat kein Interesse an einem Nachfolgeprojekt in eigener Verantwortung. Für die Stromerzeugung hat der "THTR 300" gegenüber den Leichtwasserreaktoren wirtschaftlich keine Chance und für die Wärmeerzeugung ist er zu gross, denn die Kohlevergasung, für die er immer wieder angepriesen wurde, scheint besonders in dieser Variante kaum noch aussichtsreich. Für den ehemaligen sozialdemokratischen

Forschungsminister von Bülow, der das Projekt jahrelang finanziert hat, ist das zu vier Fünfteln fertiggestellte Demonstrationskraftwerk in Hamm-Schmehausen heute "ein technisches Unikat, das besser einzumotten ist".[45]

Mehr und mehr frühere Befürworter werden zu Kritikern der Kernenergie. Der frühere Forschungsminister Volker Hauff schrieb kürzlich in der liberalen Wochenzeitung "Die Zeit": "Nicht wildgewordene Bürger oder missionarische Politiker setzen der Kernenergie Grenzen, die nackten ökonomischen Zahlen tun es."[46]

Das einst ehrgeizige britische Atomenergieprogramm ist inzwischen recht unbedeutend geworden. Die heute betriebenen 31 Reaktoren in 17 Kraftwerksanlagen mit einer Gesamtleistung von 9300 Megawatt stammen zum grossen Teil noch aus den 50er und 60er Jahren. Sie gehören zu den englischen Reaktorbaulinien Magnox und Fortgeschrittener Gasgekühlter Reaktor (AGR), die sich als recht kostspielig erwiesen haben. Nach der Fertigstellung von weiteren 5100 Megawatt AGR-Kraftwerken in den nächsten Jahren laufen diese Serien wohl aus. Zur Diskussion steht schon seit längerer Zeit ein amerikanischer Druckwasserreaktor in Sizewell, über den noch nicht entschieden worden ist.[47]

Spanien hat kürzlich sein Kernenergieprogramm für 1992 von 12'500 auf 7'500 Megawatt gekürzt und sogar im Bau befindliche Anlagen aufgegeben.[48] In Schweden werden die zwei letzten Atomkraftwerke fertiggestellt. In einer Volksabstimmung ist der Bau weiterer Reaktoren und der Ersatz der heutigen Anlagen abgelehnt worden. Die anderen Programme in Europa sind unbedeutend. Einzig in der Sowjetunion wird die Kernenergie zielstrebig vorangetrieben. Der "Atommasch"-Komplex soll einmal jährlich acht standardisierte Atomkraftwerke herstellen. Doch auch dort kämpft man mit beträchtlichen Schwierigkeiten und Verzögerungen. Die vor zehn Jahren aufgestellten Pläne wurden nur zur Hälfte erfüllt.[49]

Als weltweit führend in der Atomtechnologie gilt heute Japan. 25 Kernkraftwerke (17'000 MW) sind dort heute in Betrieb, doch nur dreizehn weitere im Bau oder bestellt. Der Atomstromanteil an der Elektrizitätsproduktion wird damit in Zukunft kleiner sein als in Frankreich, der Bundesrepublik und den USA. Im dichtbesiedelten Inselreich stösst das Programm auf zunehmende politische Opposition. Schwierigkeiten machen der Atomindustrie auch die häufigen Erdbeben, die Abfallagerung, Kostenüberschreitungen und häufige Störfälle in der Vergangenheit. Sie hofft auf die Wiederbelebung des Exports.[50]

Die grossen Hoffnungen der Atomindustrie in den Industrieländern auf einen Exportmarkt in der Dritten Welt haben sich jedoch weitgehend zerschlagen. Anfang der siebziger Jahre sagte die Internationale Atomenergie-Agentur für die Jahrhundertwende eine Kernkraftkapazität von 550'000 Megawatt in den Entwicklungsländern voraus. Davon spricht heute niemand mehr. Mitte 1983 besassen sechs dieser Länder (Taiwan, Südkorea, Indien, Pakistan, Südafrika und Argentinien) insgesamt 13 Atomkraftwerke. Die ehrgeizigen Programme der siebziger Jahre sind fast überall aus wirtschaftlichen Gründen aufgegeben worden.[51] Die kapitalintensive und hochkomplizierte Atomtechnologie mit ihren zentralen Grosskraftwerken ist für Entwicklungsländer besonders ungeeignet.[52]

Eine wichtige Rolle beim Export von Kerntechnologie in die Dritte Welt hat die Weiterverbreitung von Atomwaffen gespielt. Viele Regierungen, vor allem Militärregimes, waren und sind offensichtlich weniger aus energiewirtschaftlichen, sondern vielmehr aus militärischen Gründen an der Atomtechnik interessiert und bereit, einen hohen Preis dafür zu zahlen. Einige haben offen zugegeben, dass sie den Bau von Atombomben anstreben, eine ganze Reihe hat sich geweigert, den Atomsperrvertrag zu unterzeichnen und ihre Anlagen der Kontrolle der Internationalen Atomenergie-Agentur zu unterwerfen. Eine Anzahl von Staaten hat auf diese Weise die Fähigkeit und Möglichkeit bekommen, eigene Atomwaffen zu bauen. Genaues ist nicht bekannt, man spricht in diesem Zusammenhang vor allem von Argentinien, Brasilien, Israel, Südafrika, Pakistan und Indien. Präsident Carter war über dieses Problem und das des terroristischen Missbrauchs zunehmend besorgt. Er hat deshalb die amerikanischen Projekte zur Wiederaufbereitung zurückgestellt und international schärfere Beschränkungen für den Export von Atomtechnik durchgesetzt.[53]

Massive Kostensteigerungen und technische Probleme bei der Atomenergie haben trotz Finanzierungshilfen den kapitalschwachen Entwicklungsländern mehr zu schaffen gemacht als den Industriestaaten. Einige gross gefeierte Projekte wie in Brasilien oder im Iran endeten in einem Debakel. Einzig in den Wirtschaftswunder-Ländern des fernen Ostens gibt es noch nennenswerte Ambitionen, doch auch von dort sind nächstens keine Bestellungen zu erwarten. Indien hat eine weitgehend selbständige Atomtechnik entwickelt, die jedoch unter hohen Kosten und schlechter Verfügbarkeit leidet.[54] Wieder stärker im Gespräch ist heute China, das 1983 der Internationalen Atomenergie-Organisation beigetreten ist und den Import von westlichen Atomkraftwerken erwägt. Kürzlich hat es gar ernsthaft angeboten, europäischen Atommüll zu recht niedrigen Kosten zu übernehmen.[55]

Schneller Brüter: Keine Hoffnung

Als in den sechziger und Anfang der siebziger Jahre phantastische Pläne für den weltweiten Ausbau der Kernenergie geschmiedet wurden, war abzusehen, dass die weltweiten Uran-Reserven dafür nicht ausreichen würden. Man fing gar an, zu untersuchen, wie das begehrte Schwermetall aus Meerwasser zu gewinnen wäre, wo es in geringen Konzentrationen gelöst vorhanden ist. Einen Ausweg aus diesem Engpass und zudem eine noch billigere Energiequelle sah man in den sogenannten schnellen Brutreaktoren, die während der Energieerzeugung das bislang unbrauchbare Uran-Isotop 238, das den grössten Teil des Natururans ausmacht, in spaltbares Plutonium verwandeln. Beim Betrieb eines schnellen Brüters sollte auf diese Weise mehr Kernbrennstoff erzeugt als verbraucht werden. Voraussetzung für die Nutzung des entstehenden Plutoniums war die grosstechnische Wiederaufbereitung der abgebrannten Brennelemente. Die Technik kam vom Militär. Schon die ersten Atomreaktoren waren Brüter gewesen, die zur Herstellung des in der Natur nicht vorkommenden Plutoniums für die Bomben dienten.

Das bedeutendste Entwicklungsprogramm für Schnelle Brüter für die Energiewirtschaft hatten einstmals die USA. Seit Mitte der siebziger Jahre sank aber das Interesse daran. Carter entzog ihm dann seine Unterstützung. Er befürchtete, dass eine weltweite Plutoniumwirtschaft die verstärkte Weiterverbreitung von Atomwaffen nach sich ziehen würde. Die Gefahr bestünde, dass sogar terroristische Untergrundorganisationen Bomben herstellen könnten. Präsident Reagan föderte dann wieder das gebremste, aber nie aufgegebene Projekt. Doch die Wirtschaftlichkeit der Brütertechnologie sah zunehmend schlechter aus. Wegen der geringeren Nachfrage ist der Uranpreis stark gefallen, ein Enpass ist nicht abzusehen.[56] Die geschätzten Kosten des im Bau befindlichen kleinen Prototyp-Kraftwerks am Clinch River waren innert zehn Jahren von 800 Millionen Dollar auf schliesslich 4,2 Milliarden im letzten Jahr angestiegen, von denen 1,7 Milliarden bereits ausgegeben waren. Nach langjährigen Diskussionen und nachdem das Repräsentantenhaus sich schon 1982 gegen die Weiterführung des Projekts ausgesprochen hatten, hat im September 1983 der amerikanische Senat endgültig den Geldhahn zugedreht. Nur noch einige kleine Forschungsprojekte werden weitergeführt. Was von den einst grossen Hoffnungen auf die "unerschöpfliche Energiequelle der Zukunft" in den USA bleibt, ist ein 1,7 Milliarden-Dollar-Loch in Oak-Ridge, Tennessee.[57]

Im einzelnen nachvollziehen kann man die unerhörte Kostenentwicklung und Verzögerung bei dieser überkomplizierten Technologie am bundesdeutschen Brüterprojekt, das gegenwärtig noch läuft. Von Anfang an treibende Kraft war das Kernforschungszentrum Karlsruhe mit dem Projektleiter Wolf Häfele. 1963 meinte er, der Brüter werde 1975 marktreif sein. 1968 sagten die Karlsruher voraus, dass der erste grosse kommerzielle Brüter 1980 laufen und 580 Millionen Mark kosten würde. Der Strom aus einem solchen 1000-Megawatt-Brüterkraftwerk sollte 1,44 Pfennig kosten, weniger als Elektrizität aus Leichtwasserreaktoren. 1977 prognostizierte das Forschungsministerium die Kommerzialisierung für Anfang der 90er Jahre. 1982 schliesslich verwies eine Studie aus dem Kernforschungszentrum Karlsruhe auf Untersuchungen, die diesen Zeitpunkt "relativ weit in der Zukunft", nämlich um das Jahr 2030, sehen.[58]

1968 hatte man geglaubt, dass ein Prototyp-Brüter nur eine Viertelmilliarde kosten würde. Beim ersten Spatenstich für den SNR 300 in Kalkar, ein Kraftwerk mit 300 Megawatt Leistung, wurden dann 940 Millionen kalkuliert. Bis 1982 waren die geschätzten Kosten auf 6,5 Milliarden geklettert, seit 1980 allein um 75 Prozent. Besonders die Kühlung mit dem feuergefährlichen flüssigen Natrium hatte unvorhergesehene Schwierigkeiten bereitet. Der sozialdemokratische Forschungsminister Andreas von Bülow wurde über diese letzte Kostenschätzung kurz vor dem Sturz der SPD/FDP-Koalition orientiert. Nach seinem Abgang fällte er ein vernichtendes Urteil über Aussichten und Wirtschaftlichkeit des Schnellen Brüters. Er schrieb kürzlich:

"Ein Brüter wird nach gegenwärtigen Preisen in der Bundesrepublik immer zwischen zwei bis drei Milliarden Mark teurer als ein Leichtwasserreaktor sein. Die Kosten für die ausstehende Entwicklung des dazugehörigen Brüter-Brennstoff-Kreislaufs sind dabei noch nicht berücksichtigt. Dafür müsste noch einmal mindestens soviel wie für die Entwicklung und den Bau des SNR 300 zusammen bezahlt werden. und ohne wirtschaftlichen Brennstoff-Kreislauf wird es keine wirtschaftliche Nutzung des Schnellen Brüters geben.

Die viel zitierte bessere Ausnutzung des Urans im Brüter, die zu einer 6000prozentigen Einsparung führen soll, ist eine physikalisch-theoretische Grösse. In der Praxis kann davon in einem überschaubaren Zeitraum keine Rede sein.

Die behauptete Devisenersparnis durch verminderten Uran-Einsatz lohnt kaum. Selbst bei einer Steigerung des Uran-Preises von heute circa 120 auf 1000 DM/kg würden in einem optimistischen Brüterszenario zum Beispiel für das Jahr 2015

nicht mehr als 1,5 bis zwei Milliarden Mark eingespart werden. Dem muss der riesige Kapitalaufwand für ein 10'000- bis 13'000-MW-Brütersystem von über 100 Milliarden Mark gegenübergestellt werden. Wir haben es deshalb mit teuren Autarkie-Träumen im ökonomischen Nebel zu tun. Der Schnelle Brüter kann wegen seiner Kapitalintensität niemals kommerziell gegen den LWR konkurrieren - von anderen Techniken der Stromerzeugung ganz abgesehen.

Es erscheint mir deshalb besser, die bisher eingesetzten etwa vier Milliarden Mark abzuschreiben, statt weitere mehr als zehn Milliarden Mark als Folgekosten in diese Technologie zu versenken."[59]

Die treibende Kraft im deutschen Brüterprogramm waren seit jeher die staatlichen Forschungszentren und die Ministerialbürokratie. Militärische Interessen am Plutonium haben am Anfang dabei unterschwellig eine nicht zu unterschätzende Rolle gespielt. Die Industrie war dem Projekt gegenüber immer skeptisch eingestellt. Ihre finanzielle Beteiligung an Kalkar blieb relativ klein, in Verhandlungen mit der neuen Regierung wurde sie kürzlich etwas erhöht. Das Risiko für die Fertigstellung aber trägt die Regierung. Ursprünglich war geplant, dass ein weiterentwickelter Nachfolger SNR 2 allein von der Industrie finanziert wird, daran ist heute nicht zu denken.[60]

Zweifellos führend in der Brütertechnologie ist heute Frankreich. Dort soll Ende 1984 der "Superphenix" in Creys-Malville mit 1200 Megawatt den Betrieb aufnehmen. Die Baukosten liegen weit über denen eines Leichtwasserreaktors. Für Forschung und Entwicklung dieses Brüters wurden zudem rund 20 Milliarden Francs aufgewendet. Nach neuen Berechnungen des Verantwortlichen für die Wiederaufbereitung im französischen Atomenergie-Kommissariat wurden die Kosten der Plutoniumgewinnung aus den Brennstäben bisher viel zu tief angesetzt. Nach seinen Schätzungen wäre mit Betriebskosten von fünf statt einer Milliarde Francs jährlich der Strom aus Creys-Malville unbezahlbar.[61]

Wirtschaftliche Betrachtungen sind für den französischen Brüter aber nicht alleine ausschlaggebend, es besteht offenbar auch ein militärisches Interesse daran.[62] Die Miniaturisierung der Atombomben führt dazu, dass man vermehrt Plutonium anstatt Uran 235 als Spaltstoff verwendet. Auch die Neutronenbombe hat einen plutoniumbestückten Zünder. Die wenig diskutierten Zusammenhänge zwischen dem Brüterprogramm und der force de frappe beleuchtet ein Artikel von L. Lammers, der im internen Bulletin der Electricité de France, "Energie" vom 24.4.82 erschienen ist. Darin heisst es:

"Das (militärische) Plutonium stammt bis heute ausschliesslich aus der Wiederaufbereitung des Brennstoffs der Reaktoren G2 und G3 in Marcoule. Nicht nur nähern sich diese Reaktoren dem normalen Ende ihrer Nutzung, sondern ihre Produktion wird auch völlig ungenügend, um die Entwicklung der nationalen taktischen Atomstreitmacht zu versorgen. Es muss also eine Ablösung gefunden werden und die ist (nach dem Phénix) durch den Superphénix sichergestellt. Der kann in der Ummantelung seines Reaktorkerns eine ausreichende Menge geeignetes Plutonium produzieren, um damit jährlich etwa sechzig taktische Atombomben herzustellen. Angesichts der Tatsache, dass eine Bombenladung heute ungefähr 5 kg Plutonium benötigt, ist ein Minimum von 120 bis 150 kg Plutonium im Jahr unbedingt erforderlich. Der Superphénix alleine kann jährlich mehr als 300 kg produzieren. Unter diesen Umständen wird der Superphénix offenbar die technische Grundlage der französischen force de frappe."[63]

Der Autor dieses Artikels in der Hauszeitschrift der französischen Elektrizitätsgesellschaft weist darauf hin, dass die französische Atomstreitmacht von der Oeffentlichkeit völlig akzeptiert ist und sich weiterentwickeln muss, wenn Frankreich eine bedeutende militärische Macht bleiben will. Technisch gesehen sei dazu ein Brutreaktor vom Typ des Superphénix besonders geeignet.

Aussichten für die Zukunft: Eine Atomindustrie für Reparaturen und Abfall

Verzögerungen und Unsicherheiten hätten die Atomindustrie für Investoren zunehmen unattraktiv gemacht, schrieb 1982 die Internationale Energie-Agentur, die immer stark auf die Kernenergie gesetzt hat, in ihrem "World Energy Outlook". "Wenn diese Situation anhält, wird das Vertrauen der Planer von Versorgungsunternehmen in die Atomenergie möglicherweise weiter abnehmend und die Lebensfähigkeit der Atomindustrie wird gefährdet sein."[64] Und in einer anderen, ebenfalls 1982 erschienenen Studie derselben Organisation heisst es: "Ein verlängertes

Ausbleiben von Bestellungen in den 80er Jahren könnte kritische Folgen haben für die Fähigkeit der Industrie, den vorausgesagten Bedarf des nächsten Jahrzehnts zu decken. Die Fachkräfte für Entwurf, Ingenieurarbeit und Herstellung beginnen sich bereits in andere Unternehmensaktivitäten zu zerstreuen. Dieser Trend wird sich voraussichtlich beschleunigen, wenn sich die Erwartungen für das Wachstum der Kernenergie nicht sehr schnell ändern."[65] Inzwischen hat sich die Lage noch verschärft, die Prognosen der Agentur sind weiter zurückgegangen.[66]

Trotz der noch laufenden Bauprogramme leidet die Atomindustrie an beträchtlichen Ueberkapazitäten. So ist bei der relativ gut dastehenden westdeutschen KWU 1981/82 die Auslastung von 52 auf 45 Prozent gesunken.[67] In der kanadischen Nuklearindustrie sollen in den nächsten Jahren einige Tausend Arbeitsplätze abgebaut werden.[68] Die französischen Reaktorhersteller kommen um Entlassungen nicht herum[69] und BBC hat es nach beträchtlichen Verlusten kürzlich aufgegeben, eigene Kernkraftwerke anzubieten. Auf dem Komponenten- und Unterhaltsmarkt will der Schweizer Elektrokonzern allerdings weiter am Ball bleiben, ausserdem hofft er auf den wenig aussichtsreichen deutschen Hochtemperaturreaktor.[70] Nachdem schon in den letzten Jahren die Zahl der Hersteller abgenommen hat, wird die Konzentration nun verstärkt fortschreiten. Bezeichnend für den schrumpfenden Markt ist, dass die international bedeutende Kerntechnik-Ausstellung Nuklex in Basel 1984 wegen mangelndem Interesse verschoben werden musste.[71]

Ein düsteres Zukunftsbild für die amerikanische Atomindustrie zeichnete kürzlich im Entwurf zu einer Studie mit dem Titel "Nuclear Power in an Age of Uncertainty" das Office of Technology Assessment des amerikanischen Kongresses. Wenn die ungünstigen Umstände nicht durch eine gezielte Regierungspolitik behoben und vor 1990 keine neuen Kernkraftwerke bestellt würden, dürften sich die einst führenden amerikanischen Reaktorhersteller auf den Unterhaltsmarkt zurückziehen. Immer stärker müsse auf ausländische Erfahrungen zurückgegriffen werden.[72]

Dr. Wolfe, Vizepräsident der General Electric, des weltweit grössten Herstellers von Atomkraftwerken, sagte kürzlich: "Nun, wir haben erklärt, dass wir von den Elektrizitätswerken in der nächsten Zeit und das heisst für viele Jahre keine Neubestellungen von Reaktoren erwarten. Wir sind also aus dem Geschäft, weil es keinen Markt mehr für unsere Produkte gibt. Wir werden zwar nach wie vor Atombrennstoff verkaufen und den Service für die laufenden Atomreaktoren machen. Und wir wollen natürlich auch die 25 bis 30 Reaktoren fertigstellen, die bestellt sind."[73]

Der Markt für Unterhalt und Nachrüstungen spielt eine immer wichtigere Rolle. Besonders nach dem Unfall von Three Mile Island haben verschärfte Auflagen dazu geführt, dass bei einer grossen Anzahl von bestehenden Kernkraftwerken aufwendige Aenderungen vorgenommen werden.[74] Verschiedene europäische Firmen unternehmen Anstrengungen, auf dem amerikanischen Unterhaltsmarkt Fuss zu fassen.[75]

Nachrüstungen und Unterhalt der alternden Reaktoren sowie die Behandlung und Endlagerung der radioaktiven Abfälle werden die Atomindustrie noch für Jahrzehnte beschäftigen, auch wenn es keine nennenswerten Bestellungen für Atomkraftwerke mehr gibt. Auch hier sind hohe Qualität, Zuverlässigkeit und gute Ingenieurarbeit von entscheidender Bedeutung für die Sicherheit. Eine langsam absterbende Industrie, die den vergangenen Zeiten nachtrauert und unter Prestigeverlust leidet, aber ist für initiative, talentierte Fachkräfte nicht anziehend. Ein unentschlossenes Durchwursteln, meint das Washingtoner Worldwatch-Institut, könne deshalb schlussendlich auch die teuerste Lösung sein.[76]

Der einst faszinierende Traum von Friede und Wohlstand durch die friedliche Nutzung der Atomenergie hat sich heute als trügerische Hoffnung erwiesen. Von überragender Bedeutung bleibt die militärische Nutzung, die Atombombe, die am Anfang der Entwicklung stand. Stur fixiert auf eine grosstechnische Lösung des Energieproblems, auf die Bändigung der symbolträchtigen Gewalt der Kernspaltung, auf ein Symbol und Instrument politischer Macht schliesslich, haben Staat und Industrie Unsummen für die Entwicklung und den Bau von Atomkraftwerken ausgegeben. Wo überall man sich da verrechnet, die lebendige Realität aus den Augen verloren hat, sollen die nächsten Kapitel deutlicher zeigen. Jahrelang beherrschte die Atomenergie die energiepolitische Diskussion und hat zu schweren gesellschaftlichen Konflikten geführt. Diese Beachtung steht in keinem Verhältnis zur tatsächlichen Bedeutung der Kernkraft für die Energieversorgung. Zwar liefert sie in einzelnen Ländern heute bis zur Hälfte der Elektrizität und trug 1982 weltweit 9 Prozent dazu bei, doch der Strom macht auch in den Industrieländern nur einen kleinen Teil des gesamten Energieverbrauchs aus. Nur knapp $3^1/2$ Prozent des statistisch erfassten Weltenergieverbrauchs wurden deshalb durch die Atomenergie gedeckt. Auch wenn alle noch bestellten Anlagen realisiert würden, könnte sich dieser Beitrag lediglich verdoppeln.[77] Was von diesem lebensfeindlichen und kostspieligen Turmbau zu Babel aber bleibt, ist radioaktiver Abfall, der noch für Generationen strahlen wird.

3. Die Kostenexplosion

Atomenergie: Eine unausgereifte Technik

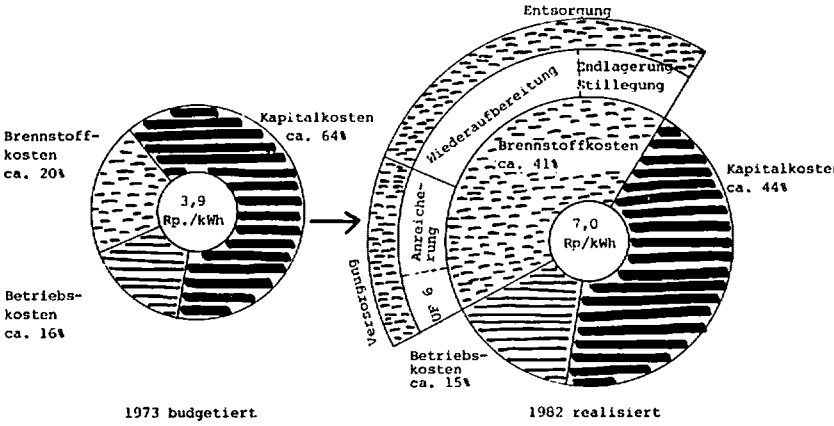
Der offizielle Preis des Atomstroms ist in den letzten Jahren weit stärker angestiegen als der anderer Energieträger. Anfangs der 70er Jahre berechnete man für eine Kilowattstunde aus den neuen Kernkraftwerken in Mühleberg und Beznau 2,8 Rappen.[1] Wenn Leibstadt um die Jahreswende 1984/85 ans Netz geht, wird sein Strom nach heutigen Angaben der Betreiber auf mindestens elf Rappen zu stehen kommen. Auch wenn man die Inflation berücksichtigt, ergibt das immer noch eine Preissteigerung von rund 150 Prozent.[2]

Am stärksten haben die Baukosten zu Buche geschlagen. Rund 800 Franken für ein Kilowatt installierte Kraftwerksleistung zahlten die Nordostschweizerischen Kraftwerke NOK in Beznau und rund 1000 die Bernischen Kraftwerke BKW in Mühleberg. In Leibstadt dagegen werden es etwa 5600 Franken pro Kilowatt sein. Das sei ein unglücklicher Sonderfall, wird heute immer wieder betont, doch der Blick aufs Ausland zeigt, dass solche Sonderfälle häufig sind. Nicht nur die Baukosten sind gestiegen: Auch das Uran und seine Anreicherung sind teurer geworden und mit einer mindestens siebenfachen Preissteigerung seit 1974 vor allem die Wiederaufbereitung der ausgebrannten Brennstäbe, bei der die Kosten noch sehr ungewiss sind. Auch für den späteren Abriss der Atomkraftwerke und für die Endlagerung der radioaktiven Abfälle, die bis heute nicht gelöst ist, machen die Kraftwerksbetreiber inzwischen höhere Rückstellungen, ohne aber zu wissen, was da noch wartet. In Gösgen betrug der Anteil der Brennstoffkosten am Strompreis 1982 vierzig Prozent - im Budget von 1973 hatte man noch mit zwanzig Prozent gerechnet. Weniger stark scheinen in der Schweiz die Betriebskosten gestiegen zu sein, die den Betreibern in den USA Sorgen bereiten. Auch zeichnen sich die schweizerischen Atomkraftwerke bisher durch eine ausserordentlich hohe Auslastung aus. Weltweit

war die Verfügbarkeit der Kernkraftwerke wesentlich schlechter als erwartet, was sich wegen der hohen Kapitalkosten stark auf den Strompreis auswirkt. Umfangreiche Nachrüstungen werden demnächst jedoch auch in Mühleberg und Beznau zu langdauernden Stillständen führen.[3]

Abb. 3.1.

BRENNSTOFFKOSTEN VERVIERFACHT:
Struktur und Entwicklung der Stromerzeugungskosten Kernkraftwerk Gösgen



Quelle: Van Zijl (1983)

Die hier sichtbar werdende Verteuerung lässt die früheren Träume vom billigen Atomstrom verfliegen. Doch wie ich in den nächsten Abschnitten hoch im einzelnen zeigen werde, sagen diese Preise über die tatsächlichen Kosten noch wenig aus. Bei den ersten Atomkraftwerken profitierten die Elektrizitätsunternehmen von günstigen Einführungspreisen und noch heute beruhen viele Posten in der Preiskalkulation auf unsicheren und umstrittenen Schätzungen, die in den letzten Jahren laufend erhöht werden mussten. Trotz schier unglaublichem Aufwand - allein für Forschung und Entwicklung wurden weltweit über hundert Milliarden Franken ausgegeben[4] - sind wesentliche Bereiche der Atomtechnologie - vor allem Wiederaufbereitung, Abriss und Endlagerung - technisch noch nicht gelöst, geschweige denn industriell ausgereift und erprobt. Auch über die Anforderungen an diese Techniken besteht keineswegs Einigkeit. Allgemein wird anerkannt, dass die Kosten

des Atomstroms weiter steigen werden. Lediglich über das Ausmass der Verteuerung sind sich die Prognostiker nicht einig. Bevor ich die heutige Situation näher beleuchte und dokumentiere, mag ein Rückblick auf die eigenartige Geschichte der heute vorherrschenden Leichtwasserreaktoren und des dazugehörigen Brennstoff"kreislaufs" verständlicher machen, wie es zu dieser ungemütlichen Situation gekommen ist und was sie für die Zukunft bedeutet.

Die Durchsetzung des Leichtwasserreaktors: US-Konzerne verkaufen U-Boot-Antrieb als Grosskraftwerk

Schon 1945, kurz nach Kriegsende, waren die friedliche Nutzung der Atomenergie und besonders die Aussichten auf billigen Strom im Gespräch, doch bis Anfang der fünfziger Jahre war das amerikanische Atomenergieprogramm vor allem auf militärische Ziele ausgerichtet.[5] Aus Geheimhaltungsgründen wurde 1946 die nukleare Zusammenarbeit mit den früheren Alliierten gestoppt. Für die Bombenproduktion hatte man im "Projekt Manhattan" einerseits Reaktoren zur Erbrütung von Plutonium entwickelt, die mit Gas gekühlt und mit Graphit moderiert wurden, andererseits war es gelungen, mit riesigen Gasdiffusionsanlagen das spaltbare Uran 235, das im natürlichen Uran nur zu 0,7 Prozent vorhanden ist, auf 90 Prozent anzureichern - erst damit war Uran für Waffen geeignet. Das Geheimnis dieser Anreicherungstechnologie wurde besonders sorgsam gehütet. Die Zündung der ersten sowjetischen Atombombe im August 1949 beschleunigte die militärischen Atomenergie-Anstrengungen der USA und liess zivile Vorhaben ganz in den Hintergrund treten. Ab 1949 wurde unter dem ehrgeizigen Admiral Rickover in einem Crash-Programm ein Atomreaktor zum Antrieb von U-Booten entwickelt, Ende 1952 war der erste Prototyp fertig. Ein solcher Reaktor hatte ganz andere Anforderungen zu erfüllen als die bis dahin gebauten Plutonium-Brüter, er musste

Ursprung des Leichtwassers-Reaktors. Als Auftragnehmer der Marine hatten der Westinghouse-Konzern einen Druckwasserreaktor und General Electric einen Siedewasserreaktor entwickelt.

Ab 1951 drängten dann verschiedene Industriegruppen, ihre Erfahrungen aus der militärischen Entwicklung in ein nationales Atom-Energie-Programm einzubringen. Bald wurde der Bau des ersten amerikanischen Atomkraftwerks in Shippingport beschlossen, es war ein Druckwasserreaktor von Westinghouse, im wesentlichen eine vergrösserte Version eines Reaktors, der für den Antrieb von Flugzeugträgern konzipiert worden war. 1957 nahm er den Betrieb auf.[6]

Die Hausmacht der mit weitreichenden Kompetenzen ausgestatteten amerikanischen Atomenergiebehörden bildete zunächst das Heer der Wissenschafter in den nationalen Forschungszentren, die im Krieg die Atombombe entwickelt hatten. Doch die Forscher waren auf die Mithilfe der Industrie angewiesen, die ihrerseits weniger an einer breitgefächerten Forschung als an der schnellen kommerziellen Nutzung der Erkenntnisse interessiert war. Der zivilen Atomenergie stand die Geheimhaltungspolitik im Wege, die auch durch die Erfolge der sowjetischen und britischen Atomwaffenkonstrukteure fragwürdig geworden war. Auf Drängen von Wissenschaftern, Industriekreisen und Diplomaten wurde dann 1953 die Atompolitik grundlegend revidiert: Präsident Eisenhower verkündete in einer historischen Ansprache an die UN-Vollversammlung das Programm "Atoms for Peace". Hinter dem grosszügigen Angebot, die Völker der Welt an den amerikanischen Erkenntnissen und Erfindungen zur friedlichen Nutzung der Atomenergie teilhaben zu lassen, stand das handfeste Interesse, weltweit die Führung auf diesem Gebiet zu erringen und die atomtechnische Entwicklung in anderen Ländern, besonders in Europa, zu beeinflussen. Innert weniger Monate wurde die Gesetzgebung geändert, finanzielle Anreize für ausländische Investoren geschaffen und bis 1955 hatten die USA mehr als zwei Dutzend bilaterale Verträge mit Mitgliedsländern der OECD abgeschlossen.[7]

Tatsächlich führend in der zivilen Nutzung der Atomenergie waren damals nicht die USA, sondern Grossbritannien. Die Engländer hatten keine Technik zum Anreichern von Uran entwickelt, aber zum Erbrüten von Bomben-Plutonium ebenfalls Gas-Graphit-Reaktoren gebaut, die mit Natururan funktionieren. Daraus hatten sie dann die sogenannten Magnox-Reaktoren zur Elektrizitätsproduktion entwickelt. Auf der ersten internationalen Konferenz "Atome für den Frieden" 1955 in Genf erregten die Briten mit einem ehrgeizigen nuklearen Bauprogramm Aufsehen. Schon 1955 hatten sie das erste Versuchskraftwerk am Netz.[8]

Das mit beachtlichen Mitteln ausgestattete, französische Atomprogramm setzte ebenfalls auf die Gas-Graphit-Technik und Natururan. Für General De Gaulle, der im Oktober 1945 als Präsident der provisorischen Regierung das Commissariat à l'Energie Atomique gegründet hatte, standen militärische Motive im Vordergrund, doch für die beteiligten und anfangs sehr einflussreichen Wissenschafter war die zivile Nutzung mindestens ebenso wichtig. Bald aber dominierten die militärischen Interessen, was erst 1958 mit dem formellen Beschluss zum Bau der Atombombe offiziell bestätigt wurde. Diese für lange Zeit unklare Politik verhinderte eine engere Zusammenarbeit mit den europäischen Nachbarn.[9]

Nach dem Scheitern der Idee einer Europäischen Verteidigungsgemeinschaft hofften viele engagierte Europäer damals, dass die gemeinsame zivile Nutzung der Atomenergie die europäische Einigung vorantreiben könne. Vorgespräche zur Gründung der Europäischen Gemeinschaft für Atomenergie, EURATOM, begannen 1955. 1956, nach der Suez-Krise, wurde eine Gruppe von "Drei Weisen" eingesetzt, die in ihrem Bericht an die Regierungen der späteren Sechsergemeinschaft vorschlug, bis 1967 Atomkraftwerke mit einer Gesamtkapazität von 15'000 Megawatt zu bauen - entsprechend einem Viertel des europäischen Stromverbrauchs. Nach einer Reise in die Vereinigten Staaten waren sie von der amerikanischen Technik vollends begeistert und empfahlen, die angeblich überlegene Leichtwassertechnologie zu übernehmen. Die Amerikaner hatten gute Verkaufsarbeit geleistet, die Reisebegleiter redigierten offenbar sogar den Schlussbericht der "Drei Weisen". 1957 wurden die Euratom-Verträge ratifiziert. 1958 schloss die Atomgemeinschaft mit den USA einen Zusammenarbeitsvertrag zum Bau von europäischen Versuchskraftwerken nach amerikanischen Patenten mit einer Gesamtleistung von 1000 Megawatt. Die Gesamtkosten wurden auf 350 Millionen Dollar beziffert, von denen die USA 135 Millionen als langfristigen Kredit zur Verfügung stellten. Ausserdem war ein gemeinsames Forschungs- und Entwicklungsprogramm vorgesehen. Damit war der Siegeszug der Leichtwassertechnik eingeleitet. Bis 1961 wurden dann nach einigen Schwierigkeiten Kernkraftwerke dieser Bauweise in Chooz (Frankreich), Gundremmingen (BRD) und Garigliano (Italien) beschlossen.[10]

Bei der Typenwahl für den ersten deutschen Leistungsreaktor in Gundremmingen hatte der Siemens-Konzern, der selber an einem Schwerwasserreaktor mit Natururan arbeitete, in Zusammenarbeit mit britischen Firmen einen Gas-Graphit-Reaktor (Magnox) angeboten. Unter Berücksichtigung der Kosten für den Brennstoffkreislauf erachtete das Bundesministerium diese Variante für wesentlich günstiger als das Angebot der AEG für einen amerikanischen Siedewasserreaktor. Und dies obwohl die USA seit 1956 angereichertes Uran zu stark subventionierten

Preisen anboten. Doch der Auftraggeber, der grösste deutsche Stromproduzent RWE, interessierte sich nicht für die Kosten des gesamten Brennstoffkreislaufs, sondern nur für die des Kraftwerks, da schien der Siedewasserreaktor um fast 40 Prozent billiger. Hinzu kam, dass Euratom-Gelder nur für einen Leichtwasser-Reaktor zu haben waren. So entschied man sich für die amerikanische Technik. In der Folge änderte Siemens seine Politik und erwarb von Westinghouse Lizenzen für den Druckwasserreaktor. Entgegen den ursprünglichen Planungen der deutschen Atomkommission wurden dann auch für die 1954 folgenden Demonstrationskraftwerke Lingen und Obrigheim, die ebenfalls nur mit Hilfe staatlicher Gelder zustandekamen, Leichtwasserreaktoren bestellt. Der deutsche Schwerwasserreaktor - technisch gesehen ein vielversprechendes Konzept - wurde damit bedeutungslos, er führte lediglich 1968 noch zu einem umstrittenen Exportauftrag nach Argentinien.[11] Die Tatsache, dass die beiden weltweit grössten Lieferanten von Ausrüstungen konventioneller Kraftwerke, Westinghouse und General Electric, hinter dem Leichtwasser-Konzept standen und dass die nukleare Aussenpolitik der Vereinigten Staaten diese Linie förderte, hat entscheidend zu seinem Erfolg beigetragen.[12] Das Versuchskraftwerk von Shippingport konnte durchaus keine beeindruckenden Leistungen vorweisen und die Wissenschafter hatten von Anfang an bezweifelt, dass der "primitive" Leichtwasserreaktor - ein zufälliges Nebenprodukt militärischer Forschung - mit seiner besonders schlechten Uran-Ausnutzung die Hoffnungen erfüllen könnte, die in die Atomenergie gesetzt wurden. Noch 1965 hielt die AEC den ökonomischen Nutzen der Leichtwasserreaktoren nicht für gesichert.[13]

Am Anfang der Entwicklung der Kernenergie war an Dutzenden von verschiedenen Reaktortypen gearbeitet worden. Allein bei den mit schwerem Wasser moderierten Reaktoren (Schwerwasserreaktoren), die mit natürlichem Uran betrieben werden können und sich durch eine besonders gute Ausnutzung des Brennstoffs auszeichnen, wurde mit vier verschiedenen Kühlmitteln gearbeitet.[14] Hinter keiner dieser Baulinien standen jedoch so starke treibende Kräfte wie hinter dem Leichtwasserreaktor. Nur der ebenfalls aus militärischen Entwicklungsprogrammen stammende und anfangs recht erfolgreiche Gas-Graphit-Reaktor konnte sich noch eine Weile gegen die Uebermacht halten. Eine Ausnahme bildet der kanadische Schwerwasserreaktor CANDU, der nur in seinem Ursprungsland konsequent eingesetzt wurde. Dies war die einzige erfolgreiche Baulinie, die von Anfang an für zivile Zwecke entwickelt worden war, doch ausgerechnet mit Hilfe eines solchen Reaktors kam Indien später zu seiner Atombombe.[15]

Als folgenschwer für die Kostenentwicklung sollte sich später herausstellen, dass damals die sicherheitstechnischen Aspekte der verschiedenen Reaktortypen nur wenig beachtet wurden. "Ich glaube keiner von uns, mit der möglichen Ausnahme von Edward Teller, war sich im klaren darüber, wie stark die Reaktorentwicklung von der Reaktorsicherheit abhängen würde", sagte 1975 Alvin Weinberg, eine der führenden Figuren der frühen amerikanischen Atomenergieentwicklung, über die Anfänge des Reaktorbaus gegen Kriegsende. "Dreissig Jahre später", meinte er weiter, "sehen wir, dass diese Fragen der Reaktorsicherheit und der Umweltbelastung, die in einem gewissen Sinne ursprünglich als sekundär angesehen wurden gegenüber der Frage, ob ein Reaktor gut funktioniert und ob er wirtschaftlich ist gegenüber fossilen Brennstoffen, dominant geworden sind."[16] Auf der Genfer Atomenergiekonferenz 1955, als die Entwicklung noch nicht durch Milliardeninvestitionen belastet war, wurde das Thema "Sicherheit" separat behandelt. Es war eine Angelegenheit der Biologen, Genetiker und Mediziner, nicht der Atomphysiker.[17] In der Reaktorentwicklung wurde das Sicherheitskonzept getrennt von der Reaktorkonstruktion und im allgemeinen erst nachträglich ausgearbeitet. Einerseits lag diese Aufgabentrennung in der Abgrenzung zwischen verschiedenen akademischen Disziplinen begründet. Andererseits hat sicher auch der militärische Ursprung der Atomtechnik zum hemdsärmeligen Umgang mit Sicherheitsfragen beigetragen. In den militärischen Anlagen gab es in der Anfangszeit mehrere schwere Unfälle mit einer ganzen Reihe von Toten.

Nach Literatur über das Gefahrenpotential von Reaktoren befragt, sagte der Atomphysiker Prof. Gerlach 1957 vor dem deutschen Bundestagsausschuss für Atomfragen: "Ob es auch Literatur gebe, die sich mit den durch das Zusammenspiel von Reaktor und technischem Zubehör entstehenden Gefahren befasse, wisse er nicht. Wenn der Dampfkessel explodiere, könne aber auch nur ein sehr lokales Unglück entstehen." Vor demselben Ausschuss hob der Vater des Kugelhaufen-Hochtemperaturreaktors Rudolf Schulten es 1959 als Zeichen von "Mut" hervor, wenn die westlichen Atommächte es - ihm zufolge - zuliessen, dass ihre "grossen Plutoniumerzeugungskraftwerke ... schon im Normalfall in derselben Grössenordnung Radioaktivität abgäben wie ein Kraftwerk im Katastrophenfall".[18]

In der Anfangszeit der Kommerzialisierung spielte jedoch die "inhärente", der Grundkonzeption innewohnende Sicherheit, die nicht erst durch zusätzliche technische Systeme erreicht wird, eine gewisse Rolle. Mit diesem Argument warb zum Beispiel die britische Atomenergiebehörde für ihren mit Natururan betriebenen Gas-Graphit-Reaktor: In seinem verhältnismässig grossen Kern war die Leistungsdichte wesentlich geringer als bei den Leichtwasserreaktoren.[19] Möglicherweise

hätte eine längere Experimentierphase mit verschiedenen Reaktortypen weit bessere Lösungen hervorgebracht. Doch die gesamte Entwicklung schien damals unter einem ungeheuren Zeitdruck zu stehen. Der Sieg der Leichtwasserreaktoren mit ihrer relativ schlechten "inhärenten Sicherheit" bedeutete gleichzeitig die Durchsetzung der amerikanischen "Philosophie" der "engineered safeguards", der Eindämmung der Gefahren durch zusätzliche äussere Vorkehrungen. Mächtige Sicherheitsbehälter und Notkühlsysteme standen dabei im Vordergrund. Diese Wahl einer besonders kompakten, geballten Energiequelle, die durch mehrfache Panzerungen und ausgeklügelte Sicherungssysteme gebändigt wird, entsprach durchaus einer wesentlichen Faszination der friedlichen Nutzung der Atomenergie: Die Zähmung der ungeheuerlichen, zerstörerischen Kraft der Atombombe, die Spannung zwischen Fluch und Segen war eine antreibende Herausforderung für die Atomwissenschafter nach dem Krieg. Auch die spätere Entscheidung für die relativ gefährliche Natriumkühlung beim Brutreaktor weist in diese Richtung.

Heisenberg, der lange Jahre die deutsche Atomenergiepolitik massgeblich beeinflusste, meinte 1953 in einem Vortrag noch ganz ungeniert, Schnelle Brüter seien "sozusagen gesteuerte Atombomben".[20] Und der Autor eines "Sourcebook on Atomic Energy" schrieb 1956: "Im wesentlichen ist der Schnelle Brüter eine Atombombe, die Energie auf kontrollierte anstatt unkontrollierte Weise abgibt."[21] Am deutlichsten drückte diese Haltung wohl der bereits zitierte Alvin Weinberg aus, der schon während des Krieges am Bau der Atombombe beteiligt war und noch heute einer der prominentesten und aktivsten Verfechter der Kernenergie ist. Er sagte 1970: "Wir, die Atomleute, haben mit der Gesellschaft einen 'faustischen Pakt' geschlossen: wir bieten eine fast einmalige Möglichkeit für eine technologisch reiche Welt für die kommenden Milliarden durch unsere wundersame, unerschöpfliche Energiequelle. Aber diese Energiequelle ist gleichzeitig behaftet mit möglichen Nebeneffekten, die, wenn sie unkontrolliert sind, Verderben heraufbeschwören könnten."[22]

Damit waren die öffentliche Auseinandersetzung um das verbleibende "Restrisiko" und der Konflikt zwischen Sicherheit und Wirtschaftlichkeit vorprogrammiert. Anfangs hofften die Reaktorkonstrukteure, mit einem relativ bescheidenen Aufwand an Sicherheitssystemen auszukommen. Doch seither hat man laufend neue Probleme entdeckt, die durchaus nicht nur aus der Sicht der Kritiker zusätzliche Vorkehrungen notwendig machten und nunmehr schon seit 20 Jahren für eine andauernde massive Steigerung der Baukosten sorgen.

Ebenfalls von grundlegender Bedeutung für das Verstehen der Kostenexplosion ist die besonders in den Anfangszeiten sehr enge Verflechtung der Leichtwassertechnologie mit der militärischen Atomtechnik: Die Leichtwasserreaktoren konnten sich nur deshalb als wirtschaftlich anbieten, weil lediglich das Kraftwerk betrachtet wurde. Der grösste Teil des aufwendigen Brennstoff"kreislaufs" wurde vom Militär übernommen. Sowohl die für Leichtwasserreaktoren unerlässliche Urananreicherung als auch die Wiederaufbereitung des Brennstoffs zur Plutoniumgewinnung waren militärische Schlüsseltechnologien, die die Atommächte zunächst in ihrer Hand zu behalten suchten. Wer sich damit beschäftigte, setzte sich anfangs dem Verdacht aus, nicht nur friedliche Zwecke zu verfolgen. Die Urananreicherung für die Bedürfnisse Dritter besorgte die amerikanische Atomenergiekommission - wie ihre französische und englische Schwesterorganisation sowohl für den zivilen als auch für den militärischen Bereich zuständig - lange Zeit zu stark verbilligten Preisen.[23]

Die Wiederaufbereitung zur Gewinnung von Plutonium - besonders auch in Verbindung mit noch zu entwickelnden Brutreaktoren - und von unverbrauchtem Uran war zwar in fast allen Atomenergieszenarien vorgesehen, schien aber bei den Leichtwasserreaktoren wegen ihrer schlechten Brennstoffausnützung besonders angezeigt. Für ihren militärischen Bedarf produzierten die Atommächte seit den Anfängen des Atombombenbaus Plutonium aus nur schwach abgebrannten Brennstäben von Reaktoren, die nicht in erster Linie der Stromerzeugung dienten. Kosten und Umweltbelastung spielten dabei kaum eine Rolle. Ueber die Kosten der massenhaften und viel heikleren Wiederaufbereitung von stark abgebranntem und damit hoch radioaktivem Brennstoff aus Leistungsreaktoren war kaum etwas bekannt und die entsprechenden Projekte wurden immer wieder hinausgeschoben. Schon früh war jedoch deutlich, dass die Abgabe von Radioaktivität an die Umwelt bei der Wiederaufbereitung höher sein würde als bei der Stromproduktion im Kraftwerk. Lange Zeit gab man sich der Hoffnung hin, dass der Gewinn aus dem gewonnenen Plutonium und Uran die Kosten für die Wiederaufbereitung und für die Endlagerung des Atommülls decken würde. Zeitweise interessierte sich auch die Industrie dafür. Im Vertrauen auf die grundsätzliche Machbarkeit verschob man das unappetitliche Problem auf die Zukunft. Die Verantwortung für Urananreicherung, Wiederaufbereitung und Endlagerung des Abfalls übernahm in fast allen Ländern der Staat und damit der Steuerzahler.[24]

Der rauschhafte Siegeszug der Atomenergie: Der Preis war unbekannt,doch alle wollten dabeisein

Die gesamte kerntechnische Entwicklung spielte sich in einem angespannten Klima des Wettlaufs ab, das wenig Zeit und Ruhe für das Sammeln und Auswerten von Erfahrungen liess. Der Historiker Radkau spricht von einem "weltweiten Wettkampf als Zwangsvorstellung der Atompolitik".[25] Es schien um das Sein oder Nichtsein der Industriestaaten zu gehen. Gemessen an den hektischen Bemühungen in Europa kam die zivile Nutzung der Atomenergie in den USA selber zuerst nur harzig voran. Während das Joint Committee on Atomic Energy auf ein zielgerichtetes staatliches Entwicklungsprogramm drängte, beschränkte sich die ausführende Atomic Energy Commission unter Lewis Strauss auf die Grundlagenentwicklung für verschiedene Reaktortypen und wollte die kommerzielle Ausreifung der Industrie überlassen. Das führte zu einem langdauernden Streit. Das zweite amerikanische Versuchskraftwerk nahm den Betrieb 1959 auf, 1962 waren erst fünf Demonstrationsanlagen mit einer Gesamtleistung von nur 800 Megawatt in Betrieb. Das "Atoms for Peace"-Programm und die Entwicklung in Europa schienen eine willkommene Möglichkeit für die amerikanische Industrie, mit staatlicher Unterstützung in Europa Erfahrungen zu sammeln, die in Amerika nicht finanziert wurden. Doch Anfang der sechziger Jahre verschlechterten die sinkenden Erdölpreise die Aussichten für die Kernenergie in Europa. Die amerikanische Industrie musste sich wieder um den heimischen Markt kümmern.[26]

1963 hielt sie offenbar die Zeit für gekommen, dort ohne direkte staatliche Unterstützung gross einzusteigen: Die General Electric vereinbarte mit der Jersey Central Power & Light Company den Bau eines schlüsselfertigen Kernkraftwerks mit der damals erstaunlichen Leistung von 640 Megawatt zu einem sensationell tiefen Festpreis von nur 100 Dollar pro Kilowatt. Das Atomkraftwerk von Oyster Creek sollte billigeren Strom liefern als Kohlekraftwerke - das war ein Jahr zuvor noch unvorstellbar. Gestützt durch keinerlei zusätzliche Bauerfahrung war der geschätzte Preis des Atomstroms innert weniger Monate um ein Drittel gesunken. Die Signalwirkung von Oyster Creek war beträchtlich: 1965 verkauften General Electric und Westinghouse weitere acht Atomkraftwerke zu günstigen Festpreisen. Bewusst nahmen sie dabei einen Anfangsverlust in Kauf, der schliesslich mit 800

Millionen bis einer Milliarde Dollar allerdings um einiges höher ausfiel als erwartet.[27]

Doch mit diesem hohen Einsatz hatten sie das Eis gebrochen und sich wichtige Marktanteile gesichert. Die Verträge galten als Beweis für die Konkurrenzfähigkeit der Atomenergie. Eine beispiellose Atomeuphorie setzte ein. Ab 1965 wurden Verträge ohne Festpreis abgeschlossen. 1966-1967 bestellten amerikanische Stromversorger in einem wahren Rausch 51 Atomkraftwerke. Die amerikanische Elektrizitätswirtschaft war eine der grossen Wachstumsindustrien der Nachkriegszeit und schien bereit für technische Neuerungen. Die direkten und indirekten Subventionen mit der die AEC die Atomenergie förderte, erhöhten die Anziehungskraft dieser neuen Technik. Private Gesellschaften fürchteten zudem, von grossen öffentlichen Versorgungsunternehmen mit Hilfe der Atomenergie verdrängt zu werden. Vor allem aber hat wohl die persönliche Geschichte der Entscheidungsträger zum Durchbruch der Atomenergie beigetragen: ihre Karriere war meist geprägt von einer ununterbrochenen Reihe erfolgreicher technischer Errungenschaften. Sie zweifelten nicht daran, dass die Atomenergie die folgerichtige Weiterführung dieser Entwicklung bedeutete.[28]

Die Bestellung der ersten schweizerischen Atomkraftwerke, Beznau I 1965 (ein Druckwasserreaktor von Westinghouse), Mühleberg 1966 (ein Siedewasserreaktor von General Electric) und Beznau II im Jahre 1967 (ein identischer Zwilling zu Beznau I), erfolgte genau in dieser euphorischen Anfangszeit der kommerziellen Nutzung der Atomenergie. Die schweizerischen Wasserkräfte waren weitgehend ausgebaut, vor Oelkraftwerken wie sie in den Nachbarländern zunehmend eingesetzt wurden, schreckte man aus Umweltschutzgründen zurück, "mutig" beschlossen die Verantwortlichen der Elektrizitätswirtschaft grad sofort zur "Energie der Zukunft" überzugehen. Ernst Elmiger, Direktor bei den NOK, bemerkte kürzlich: "Zu diesen sehr niedrigen Kosten haben neben den kurzen Bauzeiten auch die damalige Konkurrenzlage beigetragen. Die Ersteller mussten das Risiko wirklicher Neuanlagen tragen, profitierten aber gewissermassen von einem Einführungspreis."[29]

Die amerikanische Atomenergiekommission, die sich nicht direkt an der industriellen Ausreifung der Kernkraftwerke beteiligt hatte, war nicht imstande, die Versprechungen der Atomindustrie zu beurteilen. Nachdem sie jahrelang der Kritik an ihrer zurückhaltenden Politik ausgesetzt gewesen waren, stellten die Regierungsvertreter die Erfolgsmeldungen der Industrie nur allzugern als Beweis für die Richtigkeit ihres Vorgehens dar. Die Industrie ihrerseits zitierte die offiziellen

Aussagen als Bestätigung für die Wirtschaftlichkeit ihrer Produkte. "Das Resultat war ein kreisförmiger Fluss von sich gegenseitig bestätigenden Aussagen, der offensichtich beide Parteien berauschte und eine normale geschäftliche Skepsis gegenüber Werbung, die sich als Analyse darstellt, verhinderte", schreiben der amerikanische Oekonom Irvin C. Bupp und der französische Ingenieur Jean-Claude Derian, beide Hochschullehrer und langjährige Berater der Atomenergiekommissionen ihrer Länder. Gegen Ende ihrer kritischen Geschichte des Leichtwasserreaktors - das Projekt wurde von der Harvard Business School und dem Massachusetts Institute of Technology finanziert - kamen sie als grundsätzliche Befürworter der Atomenergie zum Schluss: "Systematische Vermischung von Erwartungen mit Fakten, von Hoffnungen mit der Realität war das charakteristische Merkmal der ganzen dreissigjährigen Anstrengungen zur Entwicklung der Atomenergie."[30]

Die Kraftwerkshersteller waren sich damals nicht im klaren über die grundlegende Neuartigkeit der Technik, auf die sie sich einliessen. Der Reaktor wurde lediglich als eine neue Art von Heizkessel betrachtet. Zur Zeit der Festpreisverträge glaubten General Electric und Westinghouse, die Kosten der verkauften Kernkraftwerke mit einer Ungenauigkeit von höchstens 15 Prozent abschätzen zu können. Ausserdem waren sie überzeugt, dass sie bald von der "Lernkurve" profitieren könnten: bei ausgereiften technischen Produkten sinkt der Stückpreis mit zunehmender Erfahrung in der Produktion. Mit dieser Naivität und im Sog der allgemeinen Atom-Euphorie ging man in der zweiten Hälfte der sechziger Jahre Risiken ein, die in der Industrie sonst völlig unüblich sind. Der ehemalige deutsche Atommanager Klaus Traube schrieb: "Niemand ahnte so recht, worauf er sich einliess, aber jeder musste dabeisein. Auch die erfolgreichen Firmen, General Electric, Westinghouse, haben es nicht gewusst - sie wären nie bewusst das Risiko solch enormer Verluste eingegangen, wie sie tatsächlich tragen mussten."[31]

Ein funktionierender Prototyp ist noch kein ausgereiftes zuverlässiges Industrieprodukt, besonders wenn ganz neuartige physikalische Prozesse und Gefahrenpotentiale damit verbunden sind. Diese Unterscheidung wurde damals missachtet, doch nicht nur das. Bis 1968 hatte die grösste im Betrieb stehende Anlage eine Leistung von nur 200 Megawatt. Doch im Rausch des Bestellungswettlaufs und in der Hoffnung auf sinkende Kosten wurde die Grösse der in Auftrag gegebenen Anlagen laufend erhöht. 1968 wurden Atomkraftwerke bestellt, die sechsmal so gross waren, wie die grössten bis dahin fertiggestellten Anlagen - und das in einem Industriezweig, der bislang davon ausgegangen war, dass die Extrapolation auf das Doppelte der Grösse, mit der man Betriebserfahrung gesammelt hatte, das äusserste

annehmbare Risiko darstellte. Die Betriebserfahrung, auf die man sich verliess, wurde im Verhältnis zur Lawine der Aufträge ohnehin immer kleiner: Ende 1967 war in den Vereinigten Staaten 28 Mal (!) mehr Kernkraftkapazität bestellt, als bereits in Betrieb.[32]

Gegen Ende der sechziger Jahre wurde klar, dass die Kostenschätzungen von 1964-65 zu optimistisch gewesen waren. Auch die Reaktorhersteller waren bereit, das zuzugeben, behaupteten jedoch, die Gründe dafür seien inzwischen voll erkannt und mit einer Kombination aus Lerneffekten, technischen Verbesserungen und Kapazitätserhöhungen sei man dabei, die Kosten in den Griff zu bekommen. Weiterhin basierten die Kostenangaben jedoch mehr auf Hoffnungen als auf konkreten Erfahrungen. Die Atomkraftwerke der Bestellungslawine 1966-67 gingen erst nach 1970 in Betrieb und die Streubreite der Baukosten war beträchtlich. Unzählige technische Aenderungen und Entwicklungen, Verstärkungen und Zusatzsysteme gegenüber den ursprünglichen Entwürfen waren notwendig geworden. Der Teufel steckte im Detail.[33]

Doch der überwältigende Verkaufserfolg schien Anfang der 70er Jahre die Wirtschaftlichkeit der Leichtwasserreaktoren vollauf zu bestätigen. Jeder zusätzliche Käufer wurde von den Reaktorherstellern als zusätzlicher Beweis für die Richtigkeit ihrer Versprechungen angeführt. Und was in den Vereinigten Staaten angefangen hatte, setzte sich nun in Europa fort. 1970 waren in Westeuropa nur drei Druckwasserreaktoren und drei Siedewasserreaktoren mit Leistungen über 100 Megawatt (rund ein Zehntel von Gösgen) mehr als ein Jahr in Betrieb: Gundremmingen, Lingen und Obrigheim in der Bundesrepublik, Garigliano und Trino Vercellese in Italien, sowie die französisch-belgische Anlage in Chooz (Beznau I hatte erst 1969 die Stromproduktion aufgenommen). Die europäischen Lizenznehmer waren zu unerfahren, um gegenüber den amerikanischen Angaben skeptisch zu sein.[34]

In Frankreich war in den sechziger Jahren ein erbitterter Kampf zwischen dem Atomenergiekommissariat CEA und der Electricité de France EDF um die Vorherrschaft in der Atomenergieentwicklung ausgebrochen. Während das CEA weiterhin die Gas-Graphit-Linie verfolgte, neigte die EDF mehr und mehr der Leichtwassertechnologie zu. 1969 schliesslich empfahl die von der Regierung eingesetzte Kommission PEON den Einsatz von Leichtwasserreaktoren. Vor allem auch französische Lizenznehmer der amerikanischen Technik hatten darauf gedrängt, und die Ausscheidung entschieden mit der Behauptung, dass Leichtwasserreaktoren für 200 Dollar pro Kilowatt gebaut werden könnten. Die als Beleg angeführten Kosten-

schätzungen für im Bau befindliche US-Anlagen wurden später um mehr als 100 Prozent überschritten. Doch die PEON-Kommission begründete 1969 ihren Entscheid damit, dass Strom aus Leichtwasserreaktoren um 15 (!) Prozent billiger sein werde als aus französischen Gas-Graphit-Reaktoren - und das noch unter der Voraussetzung von subventionierten Preisen für angereichertes Uran aus den USA. Damit verfolgten in Europa nur noch die Engländer eine eigene Reaktorlinie, die allerdings inzwischen mit schweren Problemen kämpfte.[35]

In der Bundesrepublik mochte die Atomindustrie die Erfahrungen mit den 1966 und 1968 fertiggestellten Demonstrationskraftwerken nicht abwarten. Die "atomwirtschaft" schrieb 1966, die "Bestell-Explosion" habe in den USA "Ausmasse erreicht, die aus deutscher Sicht schier beängstigend" seien und die Bundesrepublik als Exportland dazu zwängen, schleunigst nachzuziehen. Doch die führenden Stromversorger standen der Atomenergie noch ablehnend gegenüber. Von der Regierung wurden sie in der Rezession 1967 gedrängt, endlich in die neue Technik einzusteigen. Der grösste deutsche Elektrizitätsproduzent RWE forderte dafür als Bedingung ein verstärktes Ansteigen des Stromverbrauchs, ein Zurückbinden des damals von den kommunalen Energieversorgern stark geförderten Erdgases und eine Vereinfachung der Genehmigungsverfahren. Seither ist die Bundesregierung regelmässig mit überzogenen Stromverbrauchsprognosen an die Oeffentlichkeit getreten. Ab 1967 wurde die Atompolitik zu einem Zentralbereich der Bonner Politik. Nach heftigen Auseinandersetzungen in ihrem Vorstand über die Wirtschaftlichkeit brachen die RWE dann 1969 mit der Bestellung von Biblis den Bann. Eine lange Reihe von Aufträgen für weitere Atomkraftwerke folgte. Biblis kam die RWE relativ günstig zu stehen - Siemens erkaufte sich mit einem grosszügigen Einführungspreis eine vielversprechende Ausgangslage.[36]

Mit 1200 Megawatt war Biblis das grösste Kernkraftwerk der Welt. Es war ein abenteuerlicher Sprung nach vorn, der weithin Ueberraschung auslöste. "Der kommerzielle Durchbruch der Kernenergie ist mindestens so sehr in der Terminologie der Macht wie in der des Marktes zu beschreiben", schreibt Radkau. Ein solches Riesenkraftwerk schien geeignet, die Vorherrschaft der überregionalen Stromerzeuger weiter auszubauen. Die Elektrizitätswirtschaft war eine der grössten und erfolgreichsten Wachstumsbranchen der Nachkriegszeit. Während in Westdeutschland zwischen 1960 und 1974 das Bruttosozialprodukt jährlich im Schnitt um etwa 5 Prozent anstieg, die gesamte Stromerzeugung um 7 Prozent, erhöhte sich die Stromerzeugung der Elektrizitätswirtschaft jährlich um 9 Prozent. Sie verdrängte weitgehend, und mit nicht immer feinen Methoden, die einst gleichbedeutende Eigenerzeugung der Industrie. Die Wachstumsraten der überregio-

nalen Stromproduzenten lagen noch wesentlich über 9 Prozent, während die kleinen Elektrizitätswerke an Bedeutung verloren.[37]

Bis Ende der sechziger Jahre feierte die Atomenergie weltweit Verkaufserfolge. Doch angesichts der immer häufigeren Nachrichten von steigenden Baukosten entwickelte sich Anfang der 70er Jahre in den Vereinigten Staaten eine intensive öffentliche Debatte um die Wirtschaftlichkeit. Die National Coal Association sprach in Kongress-Hearings mehrmals vom "Debakel der Atomenergie". Verlässliche Zahlen gab es noch kaum. Die überzeugend vorgetragenen Behauptungen der Atomindustrie vom nun einsetzenden Lerneffekt führten 1972 in den USA noch einmal zu einer Welle von 38 Bestellungen. Doch die anhaltende Kostensteigerung machte die Lage für die Reaktorhersteller immer ungemütlicher. Da kam eine unerwartete Wende: Ende 1973 liess das Oel-Embargo der OPEC die Oelpreise und in ihrem Gefolge auch die der anderen fossilen Brennstoffe steil emporschnellen. Die Atomindustrie schien gerettet. Ohne verlässliche Daten, aber beeindruckt vom kommerziellen Erfolg des Fortschrittssymbols Atomenergie machten die westlichen Regierungen die Kernkraft zum Kernstück ihrer Energiepolitik, zu ihrer Antwort auf die Herausforderung der OPEC. Insbesondere Frankreich beschloss ein ehrgeiziges nukleares Bauprogramm, das bis 1985 ein Viertel (!) des Primärenergieverbrauchs liefern sollte. Dass die Elektrizität nur einen geringen Anteil am Gesamtenergieverbrauch erobern kann und dass Sparinvestitionen wesentlich wirkungsvoller gewesen wären, wurde übersehen.[38]

Atomtechnik viel heikler als man ahnte: Die Baukosten klettern unaufhaltsam weiter

"Klammheimlich ein Skandal" titelte im August 1983 die "Weltwoche" zur Kostenentwicklung in Leibstadt. Die geschätzten Kosten sind von anfangs 1,8 auf heute 5,1 Milliarden Franken angestiegen. Der Bau dauert voraussichtlich sechs Jahre

länger als geplant. An einer Tagung der Schweizerischen Vereinigung für Atomenergie im November 1983 über die Kostenentwicklung bei der Stromerzeugung stritt man sich denn auch darüber, wer daran schuld sei.[39]

"Unter dem Eindruck der erfolgreichen Fertigstellung des Kraftwerks Mühleberg durch das Konsortium Brown, Boveri / General Electric" hatte man sich 1972 für die gleichen Lieferanten entschieden. In Leibstadt sollte ebenfalls ein Siedewasserreaktor von General Electric gebaut werden - mehr als dreimal so gross wie der in Mühleberg, der damals kurz vor der Inbetriebnahme stand. Ende 1973, während des Ausbruchs der Oelkrise, wurden die endgültigen Verträge unterschrieben. Vom Typ Leibstadt gab es zu Baubeginn noch keine funktionierende Vergleichsanlage. Die noch nicht sehr ausgereiften Pläne sahen einen Sicherheitsstandard vor, der unter demjenigen von Gösgen lag. Besonders deshalb haben die Aufsichtsbehörden des Bundes während des Baus eine Reihe von Aenderungen und zusätzlichen Nachweisen verlangt. Das kompliziert zusammengesetzte Konsortium der Anlagenbauer bekam durch die laufenden Abänderungen Koordinationsprobleme. Zwei Fünftel der Mehrkosten entstanden durch die Verzögerung.[40]

Die Kosten von Leibstadt liegen heute etwas über dem internationalen Durchschnitt, doch die Geschichte dieses Reaktorbaus ist durchaus kein Einzelfall. Die erste amerikanische Anlage des Leibstadt-Typs, Grand Gulf I, die ebenfalls 1972 bestellt wurde, hat eine ähnliche Leidensgeschichte hinter sich. Die Kontrolle der Behörden war dort möglicherweise etwas weniger genau, dafür musste das Kraftwerk nach dem ersten Testbetrieb des Reaktors für mehr als ein Jahr wegen Korrekturarbeiten ausser Betrieb genommen werden. Die Mississipi Power & Light Company hatte anfangs geschätzt, dass die Anlage 300 Millionen Dollar kosten würde, doch als sie 1983 ans Netz ging, waren es 2500 Millionen Dollar mehr. Das entspricht heute fast dem amerikanischen Durchschnitt. Wie wir schon in Kapitel 2 gesehen haben, sieht es bei einer ganzen Reihe von US-Atomkraftwerken wesentlich schlimmer aus. Für Limerick 1 in Pennsylvania werden jetzt 3,4 Milliarden Dollar budgetiert und Nine Mile Point 2 im Staat New York soll zwischen 4,6 und 5,6 Milliarden Dollar kosten - das sind 10 bis 12 Milliarden Schweizerfranken. Shoreham auf Long Island soll nach sechs Jahren Verzögerung zehnmal soviel kosten wie geplant, Seabrook statt einer Milliarde Dollar gleich neun. Sogar die wenigen von der Atomindustrie gepriesenen "Erfolge" wie die Palo-Verde-Kraftwerke in Arizona werden jeweils über 2,5 Milliarden Dollar kosten (5,5 Milliarden Franken, unter Berücksichtigung der grösseren Leistung also etwa ein Fünftel weniger als Leibstadt).[41]

Vor gut zehn Jahren waren die Atomkraftwerke angeblich ausgereift und erprobt, heute sind sie offenbar immer noch nicht aus den Kinderkrankheiten heraus. Seit Anfang der siebziger Jahre sind überall die Baukosten weiterhin kräftig angestiegen (siehe Tab. 3.1), am dramatischsten in den USA um jährlich real (!) 13 Prozent.[42] Die durchschnittliche Bauzeit stieg - zwischen 1970 und 1980 - von 10 auf 13 Jahre.[43] In der Bundesrepublik - für die eine Statistik wegen der kleineren Zahl von Anlagen problematisch ist - stiegen die Baukosten der Atomkraftwerke nach Angaben der RWE um jährlich real 9 Prozent. Auch hier war eine beträchtliche Verlängerung der Bauzeit auf etwa 12 Jahre zu verzeichnen, die nun mit der Einführung von teilweise standardisierten, sogenannten "Konvoi"-Anlagen auf 9 Jahre zurückgehen soll.[44] Lediglich in Frankreich verlief dank einer straffen staatlichen Planung und Standardisierung und wegen geringerer Sicherheitsanforderungen die Entwicklung günstiger. Die Bauzeit konnte von 7,5 auf 5,5 (für 900-Megawatt-Kraftwerke) und 6,5 Jahre (für 1300-Megawatt-Anlagen) gesenkt werden. Offiziell wird für die inflationsbereinigten Investitionskosten eine jährliche Steigerung von fünf Prozent zwischen 1974 und 1981 angegeben. Diese Zahlen sind

Tabb. 3.1.

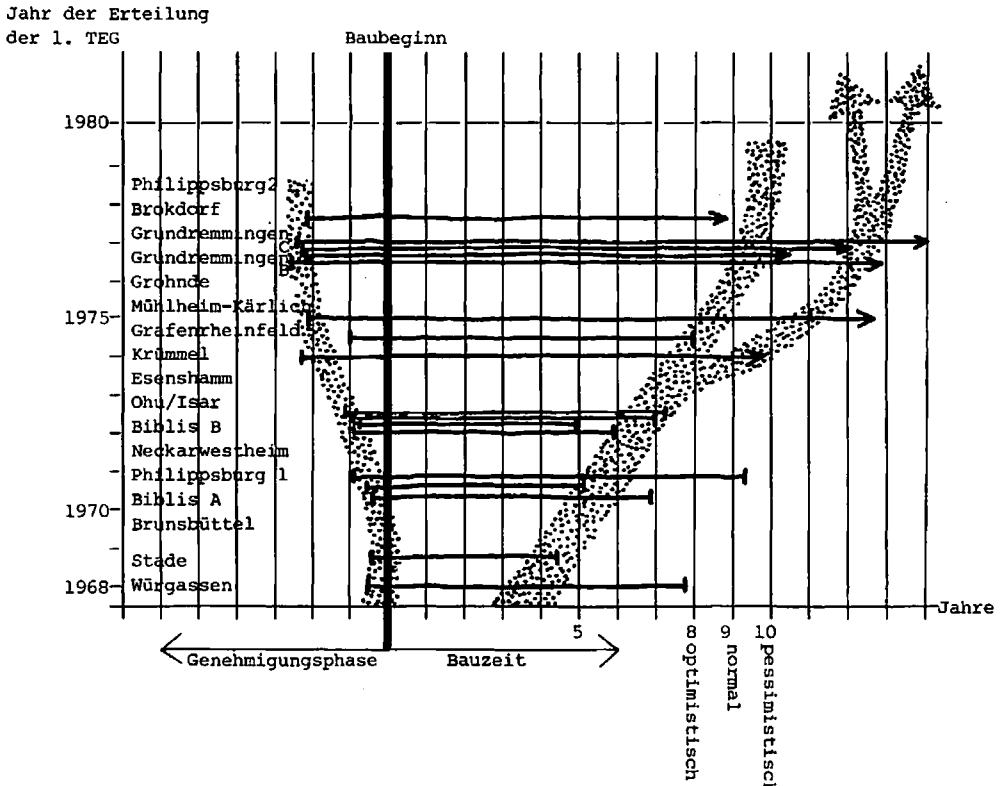
REALE BAUKOSTENSTEIGERUNG DER ATOMKRAFTWERKE SEIT DEN FRUEHEN SIEBZIGER JAHREN

Land	Installierte Kernkraft-kapazität 1983 (1000 Megawatt)	Jährliche Kosten-steigerung (Prozent)
USA	60	13
Frankfreich	22	5
Japan	17	11
Westdeutschland	10	9
Schweden	7	8
Kanada	7	6

Quelle: Flavin (1983)

jedoch wegen der mageren Angaben kaum nachprüfbar und werden von Kritikern angezweifelt.[45] Ueberhaupt ist es schwierig, sich im Dschungel der Kostenangaben zurechtzufinden: Die Berücksichtigung der Inflation und der Zinssätze während der langen Bauzeit ist kompliziert und es werden dafür verschiedene Methoden angewendet, die zu unterschiedlichen Ergebnissen führen, über die sich die Experten streiten.[46]

Abb. 3.2. **BAUZEITENENTWICKLUNG BUNDESDEUTSCHER ATOMKRAFTWERKE**



Quelle: Franke / Viefhues Atomkraft... (1983)

Seit den Anfängen der Atomtechnik sehen sich die Ingenieure und Wissenschafter nicht endenwollenden Schwierigkeiten gegenüber, die Kernkraftwerke zuverlässig und sicher zu machen. Mit der Zeit stellte sich heraus, dass es sich um eine Technik handelte, die mit der herkömmlichen kaum vergleichbar ist und ungeahnte Anforderungen stellt: Zum einen brachte die radioaktive Strahlung ganz neue Probleme für das verwendete Material und für die Handhabung. Durch den Neutronenbeschuss gab es neuartige Ermüdungserscheinungen an wesentlichen Bauteilen, und wegen der Radioaktivität, die während des Betriebs ansteigt, ist ein grosser Teil eines Atomkraftwerks ungleich schwerer zugänglich und viel aufwendiger zu reparieren als herkömmliche Anlagen. Vor allem aber dürfen Pannen, wie sie in konventionellen Kraftwerken häufig vorkommen, nicht mehr möglich sein, sie könnten verheerende Folgen haben.

Mehrfache, aufwendige Kontrollsysteme wurden entwickelt, damit keine Störung unbemerkt bleibt. Schon kleinere Defekte sind gefährlich: das Wasser im ersten Kühlkreislauf ist radioaktiv verseucht. Die nukleare Kettenreaktion im Reaktorkern muss einwandfrei gesteuert und im Notfall unterbrochen werden können. Doch damit sind noch nicht alle Probleme gelöst: Auch der abgestellte Reaktor muss unter allen Umständen gekühlt werden, sonst schmilzt der Kern und lässt grosse Mengen tödlich strahlender Stoffe entweichen. Um diese Kühlung trotz Rohrbrüchen, Kabelbränden, Stromausfällen und anderen denkbaren Pannen zu gewährleisten, hat man im Laufe der Entwicklung mehrfache unabhängige Notkühlsysteme und zusätzliche Sicherheitseinrichtungen eingebaut. Roland Naegelin, Direktor der Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen im Bundesamt für Energiewirtschaft, sagte kürzlich: "Ueber die grundsätzlichen Sicherheitskriterien für KKW, wie sie beispielsweise bereits frühzeitig in den 'General Design Criteria' der amerikanischen NRC festgelegt wurden, bestehen wohl kaum Meinungsverschiedenheiten. Vielerorts wird aber erst in den letzten Jahren ihre konsequente Realisierung angestrebt."[47]

Das vielfältige Zusammenspiel von Dutzenden von Systemen hat die Atomkraftwerke immer komplizierter gemacht. Bei jeder Aenderung entdeckte man neue Gefahrenquellen. Die bislang unbekannte Grösse der Projekte und die laufenden Aenderungen brachten schwere Koordinationsprobleme mit sich, so eben auch in Leibstadt. Die rasante Erhöhung der Kraftwerkskapazität verursachte zusätzliche Schwierigkeiten, denn damit stieg die Leistungsdichte im Reaktorkern und die Gefahr eines Kernschmelzunfalls nahm zu. Leistungsfähigere Notkühlanlagen wurden notwendig und die Reaktionszeit aller Sicherheitseinrichtungen musste verkürzt werden. Das hat in vielen Fällen zu technischen Problemen und Kosten-

überschreitungen geführt. Als gegen 1970 die ersten Atomkraftwerke mit mehr als 600 Megawatt in Betrieb gingen, gab es böse Ueberraschungen: Pumpen, Ventile und elektrische Systeme fielen aus, radioaktives Wasser floss aus und wichtige Sicherheitssyteme waren plötzlich funktionsunfähig. Das bedeutete nicht nur ein Sicherheitsrisiko, sondern auch häufige Stillstände der teuren Anlagen.

Mit mehr als 10 Millionen Einzelteilen, die nach einem starren hierarchischen Funktionsschema sehr verschiedene Aufgaben erfüllen und alle einsatzbereit sein müssen, sind Kernkraftwerke heute äusserst kompliziert und störungsanfällig. Wegen der Radioaktivität machen auch kleinere, in konventionellen Anlagen unbedeutende Pannen oft längere Abschaltungen nötig. Damit ein solches Gebilde einigermassen sicher und zuverlässig funktioniert und nicht andauernd wegen kleiner Defekte stillgelegt werden muss, sind Qualitätsanforderungen und Qualitätskontrollen notwendig geworden, wie man sie in keiner anderen Industrie kennt. Besonders die Sicherung und der Nachweis dieser Qualität ist teuer, bei kleinen druckführenden Komponenten kann das zu einer Erhöhung der Kosten bis zu 50 Prozent führen. Während in Mühleberg für die Prüfung einer einzigen Hochdruckarmatur eine Dokumentation von 13 Seiten vorgelegt wurde, waren in Leibstadt 366 Seiten notwendig. In Deutschland umfasste 1982 die Dokumentation für einen Primärkreislauf 240'000 Seiten. Werner Diener von der Firma BBC forderte an der erwähnten SVA-Tagung, "den überbordenden und auch ungerechtfertigten Anforderungen zur 'vermeintlichen' Steigerung der Sicherheit Einhalt zu gebieten". Dem hielt Roland Naegelin entgegen: "Als Beweis für die wirtschaftliche Zweckmässigkeit hoher Qualität in Kernkraftwerken können die Erfahrungen beim Betrieb der schweizerischen Anlagen erwähnt werden. Es sind dort bisher kaum Stillstände durch Schäden im primären, sicherheitsrelevanten Teil der Anlage bedingt worden, wohl aber wegen Schäden und Störungen, welche im sekundären, den behördlichen Qualtitätsvorschriften nicht unterworfenen Teil ihren Ursprung hatten." Beharrlichkeit der Behörden habe Leibstadt "auch davor bewahrt, kurz vor (der) Inbetriebsetzung die Umwälzleitungen auswechseln zu müssen, wie dies jetzt aufgrund schlechter Erfahrungen mit dem ursprünglich vorgesehenen Werkstoff bei verschiedenen Anlagen nötig wird".[48]

Bei den zusätzlichen Kosten für die Sicherheit unterscheidet Naegelin vier Arten: Zunächst einmal die direkten Kosten von Sicherheitsausrüstungen, sie machen nach seiner Schätzung nur 15 bis 25 Prozent der Anlagekosten aus. Dann gibt es die Kosten für erhöhte Qualität sonstiger Teile, die er mit nur fünf bis zehn Prozent veranschlagt. Ein erstaunlich hoher Posten sind die Aufwendungen für die Sicherstellung und den Nachweis der verlangten Qualität, der 10 bis 25 Prozent der

Anlagekosten beträgt. Als viertes kommen schliesslich noch die Kosten für eine verlängerte Bauzeit hinzu. Aus dieser Aufteilung ergibt sich, dass das Weglassen einzelner Sicherheitssysteme die Anlagen nur wenig verbilligen würde. Einiges jedoch versprechen sich die Atomleute von einer Standardisierung. In der Bundesrepublik werden gegenwärtig sogenannte "Konvoi"-Anlagen gebaut, die sich nur wenig voneinander unterscheiden. Das bedeutet, dass man auf eine laufende Verbesserung der Sicherheit weitgehend verzichtet. Auf die Dauer wird das die Oeffentlichkeit kaum hinnehmen. Am weitesten fortgeschritten in der Standardisierung ist die französische Atomindustrie. Die Aufregung um Risse in sicherheitsrelevanten Stahlteilen französischer Reaktoren zeigte 1979, dass eine solche Einheitlichkeit auch grössere wirtschaftliche Risiken mit sich bringt.[49]

Bis gegen 1970 sorgten Reaktorhersteller und Aufsichtsbehörden ohne grosse öffentliche Diskussion selber für eine laufende Erhöhung der Anforderungen und somit der Baukosten. Zahllose ernsthafte Störfälle - der aufsehenerregendste von ihnen war wohl der Reaktorbrand im englischen Windscale 1957, bei dem eine grössere Menge radioaktiver Stoffe an die Umgebung abgegeben wurde - und die enttäuschende Zuverlässigkeit der Anlagen machten Aenderungen unumgänglich. Erst 1971 wurde die Wirksamkeit von Notkühlsystemen experimentell geprüft, die Resultate waren beunruhigend.[50]

Gegen Ende der sechziger Jahre entwickelte sich in den Vereinigten Staaten und Anfang der Siebziger auch in den anderen westlichen Industrieländern eine wachsende Anti-Atomkraft-Bewegung. Zum grössten Teil lehnte sie die Atomenergie grundsätzlich ab, besonders in den Vereinigten Staaten gab es aber auch eine Reihe von Kritikern, die lediglich eine Verbesserung der Sicherheit verlangten. Die Reaktorsicherheit wurde für lange Zeit zum zentralen Thema der Anti-AKW-Bewegung. Eine Reihe kritischer Experten arbeitete sich in die komplizierte Materie ein und erhielt Zulauf von ehemaligen Mitgliedern der Aufsichtsbehörden, die über die Behandlung der Sicherheitsprobleme durch die staatlichen Stellen empört waren. Es entwickelte sich eine intensive öffentliche Debatte über die Sicherheit der Atomkraftwerke, die zweierlei klar machte: Erstens sind sich die Fachleute über die Wahrscheinlichkeit und die Auswirkungen von schweren Unfällen keineswegs einig. Die Sicherheitsabschätzungen beruhen auf einer Vielfalt von Annahmen, über die durchaus verschiedene Ansichten möglich sind. Die Beharrlichkeit der Kritiker deckte viele Fehlerquellen auf, die bislang unbeachtet geblieben waren. Die anfangs von den Behörden und der Industrie vielgepriesene Rasmussen-Studie von 1975, die im Auftrag der amerikanischen Aufsichtsbehörde NRC in einer umfangreichen Wahrscheinlichkeitsanalyse die einzelnen Risiken zu beziffern ver-

suchte, wurde so zerpflückt, dass sich die NRC 1979 von wesentlichen Teilen distanzieren musste.[51] Auch die deutsche Reaktorsicherheitsstudie blieb kontrovers. Bis heute gibt es keine allgemein anerkannten Abschätzungen und Richtlinien. Zweitens wurde in der öffentlichen Sicherheitsdebatte sichtbar, dass sich nicht nur die Fachleute darüber streiten, welche Sicherheit bis heute erreicht wurde, sondern dass die Gesellschaft auch zutiefst darüber uneins ist, welche Risiken akzeptiert werden können, welches Ausmass und welche Art von Sicherheit als ausreichend angesehen werden kann. Unter dem Druck der Auseinandersetzung und angesichts weiterer Unfälle (wie dem Brand in Browns Ferry 1974, der wesentliche Sicherheitssysteme des Reaktors ausser Funktion setzte) und anhaltender Probleme in den nun wesentlich grösseren Anlagen erhöhten die Behörden ihre Anforderungen in den siebziger Jahren weiter. In den Ländern mit einer starken Anti-Atom-Bewegung wie den USA, der Bundesrepublik und der Schweiz wurde die Sicherheit offenbar weiter entwickelt als anderswo, was sich auch in den Kosten niedergeschlagen hat.

Der wachsende Widerstand machte langsam deutlich, dass die heute verwendete Atomtechnik sich in entscheidenden Punkten grundlegend von bislang verwendeten Technologien unterscheidet. Die Herstellung grosser Mengen von radioaktiven Materialien, die unwiderruflich für zehntausende von Jahren tödliche Strahlen aussenden, brachte eine bisher unbekannte zeitliche Dimension und Verantwortung für menschliches Handeln ins Spiel. Die möglichen, wenn auch unwahrscheinlichen, Verwüstungen, die ein Leichtwasserreaktor oder eine Wiederaufbereitungsanlage bei technischem oder menschlichem Versagen auslösen können, sind von unvorstellbarem Ausmass. Die schleichende Langzeitwirkung genetischer Schäden ist kaum zu beurteilen. All diesen Gefahren tritt die Atomtechnik nicht durch Beseitigung der Gefahrenquelle entgegen (wie sie z.B. zur Vermeidung einer Zerstörung der Wälder jetzt durch die Verminderung der Schadstoffproduktion angestrebt wird), sondern mit komplizierten technischen Sicherheitssystemene, die die Wahrscheinlichkeit einer Katastrophe herabsetzen, sie aber nicht verunmöglichen, mit Behältern und Barrieren, welche die produzierten gefährlichen Stoffe einsperren, aber nicht unschädlich machen. An die Stelle handfester Erfahrung ist die kaum durchschaubare Berechnung von Wahrscheinlichkeiten getreten. Experimente sind nur noch begrenzt möglich. Fehlschläge darf es nicht geben. Die Atomtechniker vertrauen in einem bislang nicht gekannten Ausmass in die Unfehlbarkeit ihrer Berechnungen und in das vorschriftsgemässe Verhalten der beteiligten Menschen. Das machte eine gesellschaftliche Auseinandersetzung unausweichlich.

Die Beinahe-Katastrophe von Three Mile Island zeigte 1979, dass die Sicherheit der Atomkraftwerke auch für die Elektrizitätswirtschaft noch nicht ausreichend war.

Sie machte deutlich, dass die Wahrscheinlichkeitsrechner vor allem auch die Unberechenbarkeit der die Maschine betreibenden Menschen unterschätzt hatten. Behörden und Industrien entdeckten in der Folge aber auch eine ganze Reihe grundlegender technischer Probleme, was zu einer neuen Welle von Aenderungen führte. Alvin Weinberg fasste die Reaktion der Atomleute nach dem Unfall zusammen, indem er sagte: "Damit die Atomenergie nützlicher werden kann, muss einfach die Unfallwahrscheinlichkeit pro Reaktor zurückgehen".[52] Doch das be deutet offenbar noch weiter steigende Baukosten, die die 'Nützlichkeit' fragwürdig erscheinen lassen.

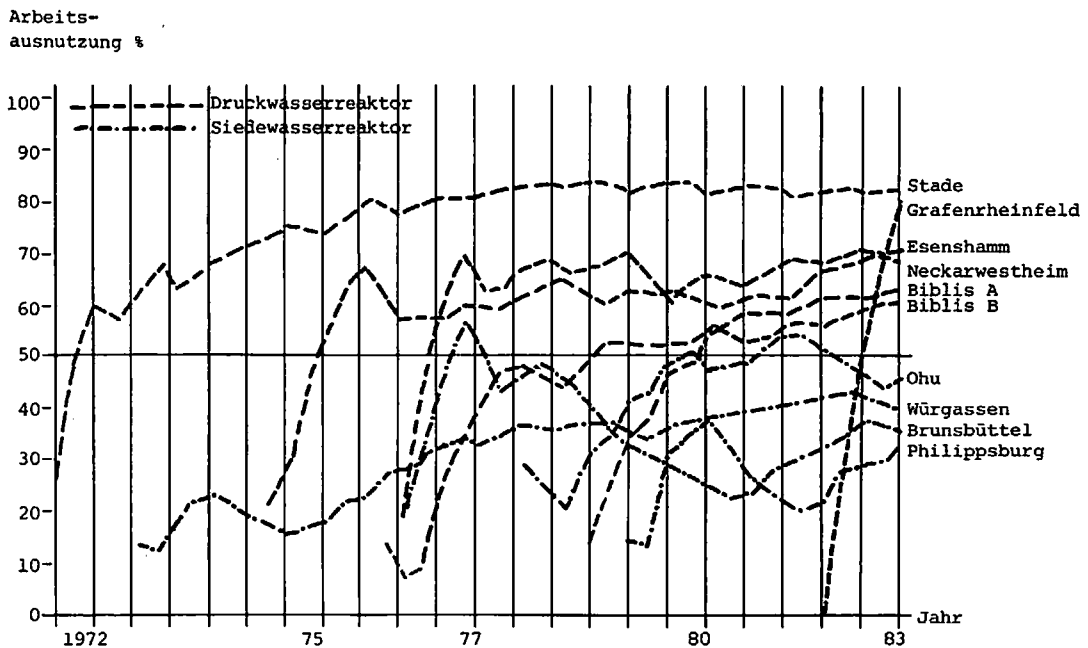
Enttäuschend ist bis heute auch die betriebliche Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit der Atomkraftwerke geblieben. Weil in den bisherigen Kalkulationen die Baukosten der Kraftwerke viel stärker ins Gewicht fallen als die Ausgaben für den Brennstoff"kreislauf", müssen die Anlagen gut ausgelastet werden. Stillstände wirken sich stark auf den Preis des Atomstroms aus. Bisher ging man im allgemeinen davon aus, dass eine Auslastung von 80 Prozent (7000 Stunden im Jahr) möglich ist. In den schweizerischen Atomkraftwerken wurde dieser Wert bisher auch übertroffen. Weltweit - so die Statistik der Internationalen Atomenergie-Agentur - lag die Ausnützung zwischen 1960 und 1980 aber unter sechzig Prozent. Dadurch ging mehr als ein Fünftel der erhofften Elektrizität verloren. Auch noch 1980 lag die Auslastung nur bei 62 Prozent. Nicht mitgerechnet sind in dieser Aufstellung Anlagen, die - wie zum Beispiel Three Mile Island 1 und 2 - länger als ein Jahr stillstanden, und auch die endgültige Schliessung verschiedener Kernkraftwerke vor Ablauf der erhofften dreissigjährigen Betriebszeit wurde dabei nicht berücksichtigt.[53] Siedewasserreaktoren - auch Leibstadt gehört wie Mühleberg zu dieser Baulinie - haben im allgemeinen schlechter abgeschnitten als Druckwasserreaktoren.[54] Etwas vorsichtiger gehen neue Kalkulationen heute von 6500 Jahresbetriebsstunden (entsprechend 74 Prozent Auslastung) aus.[55] Um dieses Ziel im Durchschnitt zu erreichen, sind offensichtlich noch weitere Veränderungen und Verbesserungen der Kernkraftwerke notwendig.

Die bisher sehr hohe mittlere Auslastung der schweizerischen Atomkraftwerke wird mit der vorgesehenen grösseren "Nachrüstung" der Anlagen in Mühleberg und Beznau stark sinken. Diese 1970 und 1972 in Betrieb gegangenen Kernkraftwerke genügen trotz laufender Umbauten den heutigen Sicherheitsanforderungen nicht mehr. Nun sollen vor allem autarke gebunkerte Notstandssysteme und zusätzliche Notstromversorgungen eingefügt werden. NOK-Direktionspräsident Harder erklärte: "Diese Nachrüstmassnahmen stellen einen wesentlichen Eingriff in die Anlagen Beznau dar. Ihr Umfang kann anhand der geschätzten Kosten und der langen

Abb. 3.3.

NICHT SO ZUVERLAESSIG WIE ERHOFFT:

Durchschnittliche Arbeitsausnutzung von Leichtwasserreaktoren in der Bundesrepublik Deutschland



Quelle: Franke/Viefhues, Atomkraft ...(1983)

Bauzeit durchaus mit den diesbezüglichen ursprünglichen Kosten rsp. der Bauzeit bei der Erstellung der Anlagen verglichen werden. Sie liegen in der Grössenordnung von gegen 700 Millionen Franken bzw. 4 Jahren. Es ist deshalb nicht zu vermeiden, dass die enormen Kosten für diese Nachrüstmassnahmen sich auch in erhöhten Stromgestehungskosten niederschlagen."[56]

Die Kosten der Atomkraftwerke werden weiter klettern. Darin sind sich alle Prognosen einig. Nicht jedoch über das Ausmass. Der langjährige Kronzeuge der deutschen Bundesregierung und Elektrizitätswirtschaft, das Energiewirtschaftliche Institut Köln (EWI), rechnete 1981 mit einer Kosteneskalation von jährlich real 6 Prozent und einer Bauzeit von nur sechs Jahren für ein neues Atomkraftwerk, das 1989 in Betrieb genommen wird.[57] Die kürzlich erschienene umfangreiche Studie des Oeko-Instituts Freiburg von Franke und Viefhues geht von 8 Prozent Preissteigerung und neun Jahren Bauzeit aus.[58] Das ist eine vorsichtige Annahme angesichts des bisherigen Trends von 15,5 Prozent. Ein Atomkraftwerk in Kaiseraugst würde also auch bei einer günstigen Bauabwicklung noch einmal teurer kommen als der "Sonderfall Leibstadt".

Abriss, Wiederaufbereitung, Endlagerung: Kosten unbekannt, die Rechnung folgt später

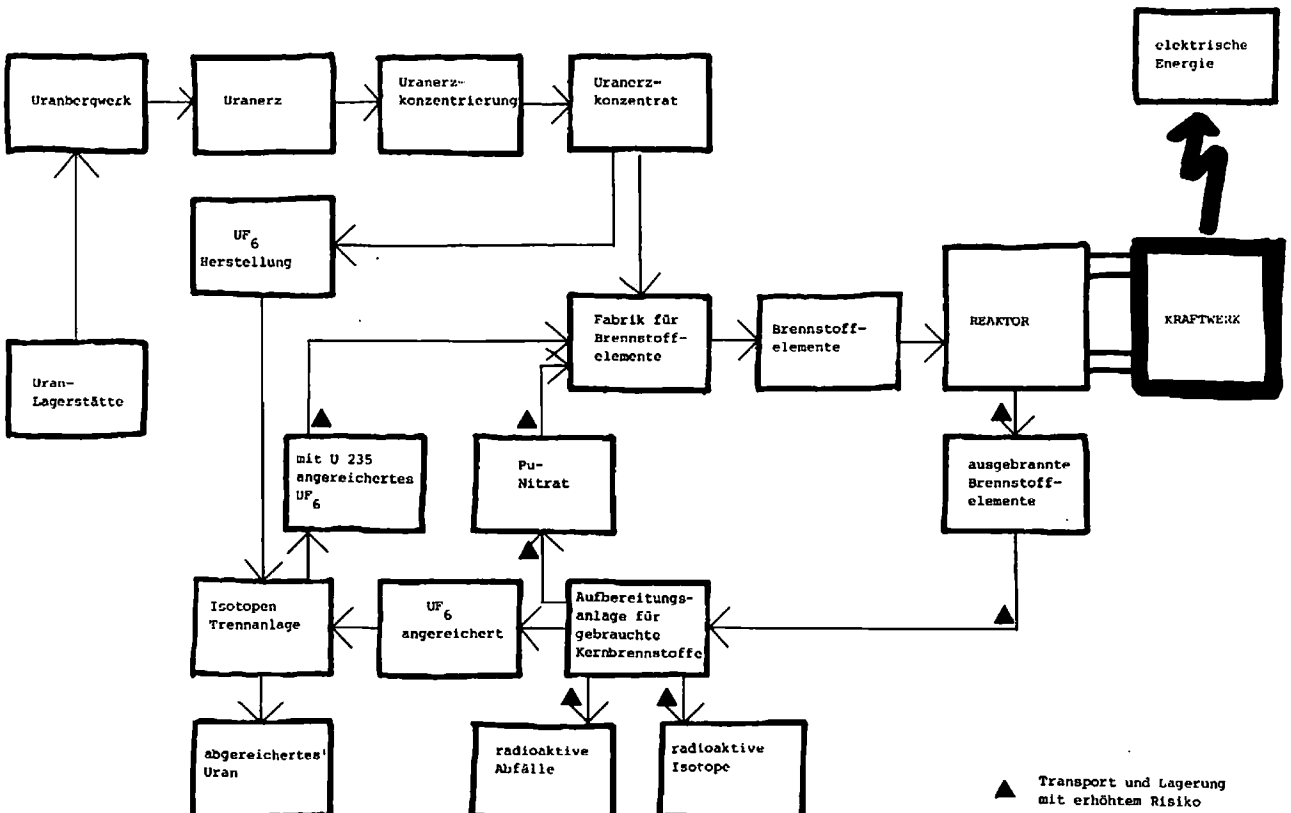
Während die Kostensteigerung beim Bau der Atomkraftwerke schon zwanzig Jahre andauert und noch immer kein Ende findet, fangen die Probleme mit der Stillegung der ausgedienten Kraftwerke und mit der Nachsorge für die gebrauchten Brennstäbe erst richtig an. Die ausführliche Darstellung der Geschichte der falschen Hoffnungen, der ungeahnten Schwierigkeiten, der Fehleinschätzungen und Verantwortungslosigkeiten beim Bau der nuklearen Kraftwerke mag einen Vorgeschmack auf das geben, was in den anderen Problembereichen der Atomenergie noch

bevorsteht. Allein das Ausmass, in dem sie bisher vernachlässigt wurden, stimmt bedenklich.

Wenn der ersehnte Strom schon lange produziert und verkauft ist, bleibt ein Kraftwerk, dessen Inneres hoch radioaktiv geworden ist. Nicht nur haben sich strahlende Stoffe auf der Oberfläche der Bauteile festgesetzt, grosse Stahlkonstruktionen und Millionen Liter Kühlwasser sind durch die Neutronenstrahlung selber radioaktiv geworden. Anders als bei einem Kohlekraftwerk wird kein Schrotthändler das Monstrum kaufen und weiterverwerten. Mit dem Abriss ausgedienter Atomkraftwerke hat man heute noch praktisch keine Erfahrungen. Vollständig beseitigt wurde lediglich (1971 bis 1974) der Elk-River-Reaktor, der nur eine Leistung von 23 Megawatt hatte. Nächstens soll mit dem Abbau des deutschen 100-Megawatt-Schwerwasser-Kraftwerks Niederaibach begonnen werden, das nur ein Jahr in Betrieb war. Fachleute aus aller Welt wollen diese Premiere genau studieren. Die Radioaktivität eines kommerziell genutzten 1300-Megawatt-Reaktors wäre noch einmal 100 bis 1000 mal grösser. Die Schwierigkeiten eines solchen Unterfangens lassen sich anhand der Säuberungsarbieten in Three Mile Island erahnen, die unerwartet aufwendig werden und schon über 2 Milliarden Franken kosten sollen. Bisherige Studien setzten 10 bis 15 Prozent der Investitionskosten für den Abriss samt Endlagerung der radioaktiven Bauteile ein. Die Studie des Oeko-Instituts rechnet mit 30 bis 75 Prozent. Von grosser Bedeutung ist auch der Zeitpunkt des Abrisses. Bisher wurde unterstellt, dass zehn bis dreissig Jahre nach Betriebsende zugewartet wird und während dieser Zeit aus relativ geringen Rückstellungen grosse Zinsbeträge auflaufen. Das setzt jedoch eine gutgehende Wirtschaft mit ertragreichen Möglichkeiten der Geldanlage voraus. Dass dies nicht selbstverständlich ist, zeigt das Beispiel der schweizerischen Pensionskassen: ihre Zinserträge waren in den letzten Jahren deutlich kleiner als die Inflationsverluste. Franke und Viefhues fordern deshalb und aus Sicherheitsgründen einen Abriss der Atomkraftwerke schon nach wenigen Jahren.[59]

Auch beim Brennstoff"kreislauf" wurden bislang nur die ersten Schritte, die für die Stromproduktion unbedingt notwendig sind, relativ weit entwickelt. Seit es Atomkraftwerke gibt, hat man Uran abgebaut, aus dem Erz extrahiert, in riesigen Anlagen angereichert und zu fertigen Brennstäben weiterverarbeitet. Besonders der Abbau ist für die Umwelt problematisch, es bleiben riesige Halden von leicht strahlendem Abraum zurück. Die leichtfertige Weiterverwendung dieses Materials hat in den USA umfangreiche Sanierungsmassnahmen in Wohngebieten notwendig gemacht. Die stromfressenden Anreicherungsanlagen sind insofern bedenklich, als

Abb. 3.4. DER BRENNSTOFF"KREISLAUF"

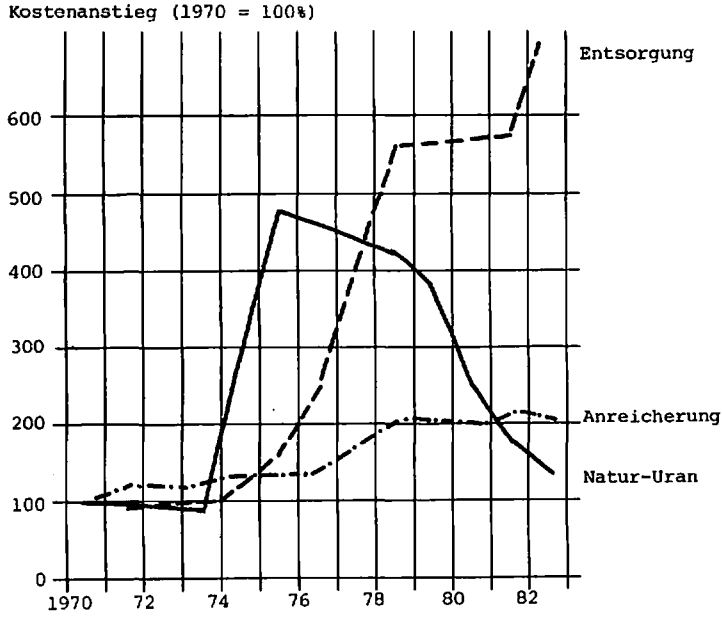


Quelle: Michaelis (1977)

sich mit ihnen auch Bombenmaterial herstellen lässt. Bis auf die beunruhigende Gefahr der Atomwaffenverbreitung scheinen die hier verwendeten Techniken (Gasdiffusions-und Zentrifugentechnologie) ausgereifter und sicherheitstechnisch beherrschbarer als andere Bereiche der Atomtechnologie. Vor allem weil die amerikanische Regierung aufgehört hat, die Anreicherung zu subventionieren, haben sich die Kosten der fertigen Brennelemente von 1970 bis 1980 real etwa verdoppelt. Die Preise für Natururan sind nach einer starken Teuerung Mitte der siebziger Jahre wieder gesunken, weil die Nachfrage viel kleiner war, als man aufgrund der optimistischen Prognosen erwartet hatte. Wegen steigender Produktionskosten weist ihre Tendenz jedoch wieder nach oben. Im allgemeinen wird angenommen, dass der zukünftige Preisanstieg der Brennelemente einige Prozent über der allgemeinen Teuerung liegen wird.[60]

Abb. 3.5.

REALE PREISENTWICKLUNG DER ELEMENTE DES NUKLAREN BRENNSTOFF"KREISLAUFES"



Quelle: Van Zijl (1983)

Grössere Kosten als die Vorsorge verursacht schon heute die Nachsorge für den Brennstoff. Bisher ist man davon ausgegangen, dass die gebrauchten, hochradioaktiven Brennstäbe zuerst zwischengelagert und dann wiederaufbereitet werden. In der Wiederaufbereitungsanlage (WAA) wird das noch brauchbare Uran sowie erbrütetes Plutonium von nicht weiter verwertbarem Atommüll getrennt. Wieder zu Brennelementen verarbeitet - sofern Plutonium nicht für die Herstellung von Atomwaffen verwendet wird - stehen sie wieder für die Energieproduktion zur Verfügung. Der hochaktive Atommüll aber muss irgendwo für Zehntausende von Jahren sicher gelagert werden.

In den sechziger Jahren hatte man noch angenommen, dass der gewonnene Kernbrennstoff die Kosten der Wiederaufbereitung und der Endlagerung decken könnte. Erfahrungen hatte man aber kaum damit.[61] Die Wiederaufbereitung ist eine äusserst heikle Angelegenheit: Die hochaktiven abgebrannten Brennelemente werden zuerst mechanisch zerhackt und in kochende Salpetersäure gebracht, wo sich Uran und Plutonium auflösen und die Hüllenteile zurückbleiben. Dabei werden grosse Mengen radioaktiver Gase frei, die mit aufwendigen Filtern nur teilweise zurückgehalten werden können. In einem anschliessenden mehrstufigen chemischen Verfahren werden Uran, Plutonium und nicht wiederverwertbare Spaltprodukte voneinander getrennt. In einer solchen Anlage sind nicht nur die Radioaktivitätsfreisetzung und der Umgang mit hochradioaktiven aggressiven Flüssigkeiten, die laufend gekühlt werden müssen, problematisch, sondern auch die riesigen Mengen radioaktiver Substanzen, besonders von Plutonium, die hier gleichzeitig zusammenkommen. Die Freisetzung eines Bruchteils davon hätte verheerende Folgen.[62] Die Betriebserfahrungen in verschiedenen Anlagen während der siebziger Jahre waren ausserordentlich schlecht[63] (siehe Tab. 3.2). Die internationalen Hearings zur geplanten deutschen WAA in Gorleben 1979 förderten zusätzliche schwerwiegende Probleme zutage.[64] Die einzige halbkommerzielle Wiederaufbereitungsanlage steht heute in La Hague / Frankreich. Alle Schweizer Kernkraftwerke haben mit ihr Verträge abgeschlossen und zusehen müssen, wie wegen anhaltender Schwierigkeiten die Preise dauernd stiegen. Noch 1975 wurden die Wiederaufbereitungskosten für Gösgen auf 0,04 Rappen pro Kilowattstunde geschätzt, tatsächlich betrugen sie 1982 dann 1,28 Rappen. (Siehe auch Tab. 3.3 und Abb. 3.6.)[65]

In der Bundesrepublik wollte die Deutsche Gesellschaft zur Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen DWK 1974 für vier Milliarden Mark eine Wiederaufbereitungsanlage mit einer Kapazität von 1400 Tonnen im Jahr bauen. Für die heute geplante Anlage von nur 350 Jahrestonnen war im zuständigen Bundesministerium bereits

Tabb. 3.2.

DIE GESCHICHTE DER WIEDERAUFARBEITUNG:

Viele Pannen und Probleme

Eine Bestandesaufnahme der zivilen Wiederaufarbeitungsanlagen für abgebrannte Brennelemente von Leichtwasserreaktoren (Ostblockanlagen sind nicht berücksichtigt) zeigt, dass keine Anlage von ernsten Problemen verschont wurde. Keine einzige WAA hat ihre Nennleistung auch nur annähernd erreicht. Die Mehrzahl der WAA wurde stillgelegt. In vielen Fällen traten radioaktive Stoffe aus.

Anlage/Verfahren	Betriebszeit	Insgesamt verarbeitete Menge	Durchschnittl. Jahresmenge	Probleme
West Valley(USA) PUREX	1966-1972	240 t	40 t geplant: 300t	Radioaktive Austritte, hohe Strahlungsbelastung der Beschäftigten. Versuch, die Anlage zu vergrössern, scheiterte. 1976 endgültig aufgegeben.
Mol (Belgien) Aqua-Fluor	1968-1974	178 t	30 t geplant: 75 t	Auftreten grosser Temperaturprobleme. Plutoniumrückstände im Abfall zu hoch. Jetzt Versuchsanlage für Atommüllverglasung.
Windscale (Engl.) BUTEX Soll erweitert werden	1969-1973	100 t	25 t geplant: 100 t	Zweig einer militärischen WAA. Schliessung nach schwerem Strahlungsunfall, bei dem 1973 35 Arbeiter mit Ruthenium 106 verseucht wurden.
Karlsruhe (BRD) PUREX	1971-1980	117 t	12 t geplant: 40 t	Unfall durch Austritt verseuchter Salpetersäure aus Auflöser. Daraufhin Stillegung. Reparatur wird durch Strahlung erschwert.
Morris (USA) Aqua-Fluor				Wegen zu grosser Schwierigkeiten mit der Aqua-Fluor-Technik noch vor der Betriebsgenehmigung nach dem Probelauf 1974 aufgegeben. Jetzt Zwischenlager für Atommüll.
Barnwell (USA) PUREX			geplant: 1500 t	Erhielt 1977 keine Betriebserlaubnis, wird aber unter der Regierung Reagan gefördert.
La Hague (Frankr.) PUREX	1976	510 t	85 t geplant: 400 t	Zunehmende Verseuchung, Radioaktivitätsabgaben ins Meer, Brände und andere Unfälle. Ist in Betrieb. Soll erweitert werden.
Tokai-Mura (Japan) PUREX	1978	140 t	35 t geplant: 200 t	Mitte 1979 Störfall wie in Karlsruhe. 15 Monate Stillstand. Arbeitet seit Oktober 1980 mit verminderter Leistung.
Tarapur (Indien)			geplant: 180 t	Noch in der Testphase.
	Gesamtleistung:	1285 t	(Stand Juli 1982)	

Quelle: Breuer (1982)

Tab. 3.3

KERNKRAFTWERK GOESGEN:

Uebersicht über die Jahres- und Energiegestehungskosten

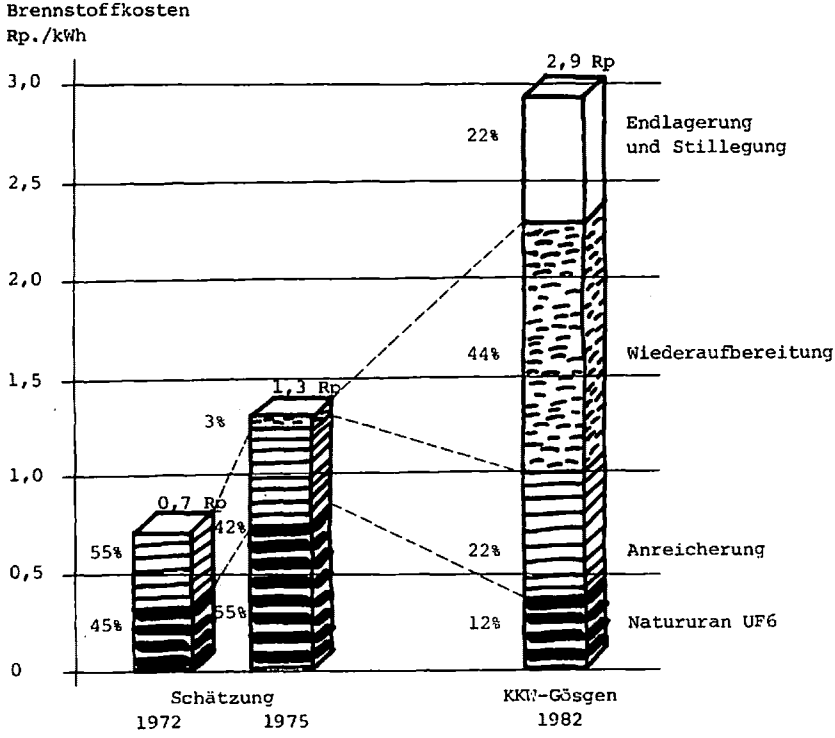
Kostenarten	Rechnung 1980 Mio Fr.	Rechnung 1980 Rp./kWh	Budget 1981 Mio Fr.	Budget 1981 Rp./kWh	Rechnung 1981 Mio Fr.	Rechnung 1981 Rp./kWh
1. Kernbrennstoffkosten						
1.1 - Abbrand	54,782	0,92	57,000	0,92	60,121	0,92
1.2 - Wiederaufarbeitung	55,000	0,92	63,000	1,02	113,000	1,72
2. Kapitalkosten	126,474	2,13	124,375	2,00	121,451	1,85
3. Abschreibungen	66,394	1,12	68,000	1,10	70,445	1,07
4. Betriebskosten (Saldo der übrigen Aufwand- und Ertragspositionen)	52,750	0,89	63,740	1,03	59,083	0,90
5. Rückstellungen						
5.1 - Endlagerung der Abfälle aus Betrieb und Brennstoff	13,000	0,22	14,140	0,23	14,970	0,23
5.2 - Endlagerung Stillegungsabfall	2,450	0,04	2,670	0,04	2,830	0,04
5.3 - Stillegung der Anlage	6,150	0,10	6,675	0,11	7,100	0,11
5.4 - Beseitigung abbrennbarer Gifte	0,400	----	0,400	----	0,400	----
6. Jahres- und Energiegestehungskosten	377,400	6,34	400,000	6,45	449,000	6,84
7. Produktion in GWh	5 950,337		6 200,000		6 572,946	

Quelle: Koch (1983)

von 12 Milliarden Mark die Rede.[66] Tatsächlich sind die Kosten heute kaum abzuschätzen. Ulf Hansen von der Universität Essen rechnet für 1989 mit nur 1,36 Pfennig pro Kilowattstunde für die ganze Entsorgung (Wiederaufbereitung abzüglich Gutschrift für gewonnenen Brennstoff, und Endlagerung)[67]. Seifritz und Wydler geben ebenfalls für 1989 allein für die Wiederaufbereitung abzüglich Gutschrift 2,2 Pfennig pro Kilowattstunde an.[68] Die Studie des Oeko-Instituts dagegen kommt nach einer eingehenden Untersuchung der bisherigen Erfahrungen und der vorliegenden Projekte auf 10 Pfennig für die Wiederaufbereitung (optimistisch 3,2 Pf, pessimistisch 28,7 Pf, Gutschrift eingerechnet). Im Unterschied zu den pauschalen Annahmen in den anderen Studien rechneten hier Franke und Viefhues die verschiedenen Kostenfaktoren im einzelnen nach.[69]

Abb. 3.6.

ENTWICKLUNG UND STRUKTUR DER BRENNSTOFFKOSTEN



Quelle: Van Zijl (1983)

Nachdem die Atomenergiegegner und die Carter-Regierung schon seit langem für einen Verzicht auf die Wiederaufbereitung eingetreten sind (siehe auch Kap. 2), gibt es angesichts der dramatisch angestiegenen Kosten neuerdings auch in der schweizerischen Atomwirtschaft Ueberlegungen, auf diese Linie einzuschwenken. Nico von Zijl von der Motor Columbus erklärte kürzlich: "Es stellt sich nun die Frage, ob die Linie der schweizerischen Kernkraftwerksbetreiber, die sich für die Wiederaufbereitung entschieden haben, noch richtig ist oder vielleicht revidiert werden sollte, zumal in einigen Ländern wie USA, Schweden und Finnland, anderen Szenarien der Vorzug gegeben wird." Die Alternative wäre die Endlagerung der abgebrannten Brennstäbe ohne Wiederaufbereitung. Damit entfällt vor allem auch die Produktion von Plutonium, das für einen späteren Betrieb der Schnellen Brutreaktoren vorgesehen war. Ohne Wiederaufbereitung kein Schneller Brüter.[70]

Durch den Verzicht auf die Wiederaufbereitung würde die Endlagerung des Atommülls wohl teurer werden. Die Kosten für diesen letzten Schritt in der Brennstoffspirale sind aber ohnehin nicht abschätzbar. Welchen Aufwand die sichere Lagerung des strahlenden Abfalls für mindestens hunderttausend Jahre (bei Weglassung der Wiederaufbereitung muss die gesicherte Einschlusszeit mehr als das Zehnfache betragen) noch erfordern wird, lässt sich nicht angeben. Auch die mittelfristigen Kosten für die vorgesehene Einlagerung sind angesichts der diversen, heute in Betracht gezogenen Strategien (Kavernenlagerung oder Bohrlochvariante in verschiedenen geologischen Gesteinskörpern, Endlagerung im Tiefseeboden usw.) nicht berechenbar. Die feststellbaren grossen Schwierigkeiten bei der Suche nach Endlagern dürften sich aber in einer weiteren Preisexplosion niederschlagen. Die für die schweizerische Endlagerung verantwortliche NAGRA sieht sich beträchtlichen Kostensteigerungen bei ihrem Bohrprogramm zur Erkundung des kristallinen Grundgebirges in der Nordwestschweiz gegenüber und die Resultate sind alles andere als ermutigend: Unabhängige Fachleute haben kürzlich aufgrund der vorliegenden Ergebnisse erklärt, das anvisierte Konzept habe sich als undurchführbar erwiesen.[71] Diese Stellungnahme dürfte wohl eine heftige öffentliche Diskussion auslösen. Es muss befürchtet werden, dass schliesslich die Kosten und damit auch die Sicherheitsanforderungen sich nach den finanziellen Möglichkeiten richten werden. Jahrzehntelang hat man dieses widrige Problem verdrängt. Es scheint durchaus möglich, dass seine wahre Dimension erst zum Vorschein kommt, wenn das letzte Atomkraftwerk schon abgestellt ist.

Eine nicht unbedeutende Rolle bei der Festlegung der Anforderungen und damit der Kosten für die Entsorgung werden Bürgerinitiativen, die Umweltbewegung und ihre kritischen Experten spielen. Schon mehrmals haben sie wesentlich dazu beige-

tragen, dass als Lösung angepriesene Projekte der Atomindustrie (z.B. das Gorleben-Projekt in der BRD und das ursprüngliche Anhydrit-Konzept der NAGRA in der Schweiz) aufgegeben werden mussten. Die Aufmerksamkeit für derartige Probleme hat in den letzten Jahren stark zugenommen, nicht nur bei den Kritikern, auch in der Atomwirtschaft selbst. Grundsätzliche Bedenken gegen eine Belastung der zukünftigen Generationen mit den Abfällen von heute wiegen ungleich schwerer als in der Anfangszeit der Atomtechnik nach dem Krieg. Die zutiefst beunruhigenden, in ihrem Ausmass neuartigen Verantwortlichkeiten, die der Mensch auf sich lädt mit der Herstellung von grossen Materialmengen, die für Tausende von Generationen unwiderruflich tödlich strahlen, hat Alvin Weinberg, der seit Kriegsende wie kein anderer die schnelle Entwicklung der "friedlichen Kernenergie" propagiert hat, deutlich gesehen: Er fordert eine technische Elite, eine Art "nukleare Priesterschaft", die von hohem Pflichtbewusstsein erfüllt und gegenüber sozialen Erschütterungen und politischen Wirren unabhängig ist. "Keine Regierung hat tausend Jahre fortbestanden; die katholische Kirche ist das beste Beispiel dafür, worum es mir geht."[72] Weinberg, noch heute ein begehrter Redner in Atomenergie-Kreisen, Befürworter des "faustischen Pakts" und mehrfach mutig vorgetreten, indem er die Risiken weniger verharmloste als seine Kollegen, lässt erkennen, dass die üblichen ökonomisch-politischen Dimensionen zur Erklärung des Aufstiegs der Kernenergie wohl nicht ausreichen.

‹Die Kosten der Kernenergie sind nicht einfach hoch, sie sind unvorhersagbar›

Die heute verrechneten Stromerzeugungskosten in den bestehenden schweizerischen Atomkraftwerken sind noch relativ bescheiden geblieben. 1982 kostete die Elektrizität in Gösgen ab Kraftwerk 7 Rappen pro Kilowattstunde. Die Kapitalkosten sind mit einem Anteil von 44 Prozent recht niedrig; dazu haben bisher die relativ niedrigen Zinssätze und auch die weit über dem internationalen Durchschnitt liegende Ausnutzung beigetragen. Für Leibstadt aber werden heute je nach

dem noch nicht ausgehandelten Abschreibungsmodus Strompreise von 11 Rappen oder mehr angegeben. Der schweizerische Durchschnitt aus allen Kraftwerken liegt wegen der günstigen Wasserkraft gegenwärtig bei 6 Rappen.[73]

Dass der Preis des Atomstroms weiterhin viel stärker ansteigen wird als die allgemeine Teuerung wird allgemein anerkannt. Das Energiewirtschaftliche Institut in Köln rechnet mit einer Reihe äusserst optimistischer Annahmen und kommt zum Schluss, dass der Strom aus einem 1989 fertiggestellten Atomkraftwerk im Geldwert von 1982 ausgedrückt 8,2 Pfennig pro Kilowattstunde kosten wird.[74] Ulf Hansen von der Universität Essen errechnete 10,8 Pfennig.[75] Beide kommen zum Schluss, dass der Strom aus Kohlekraftwerken noch teurer ist, der (angebliche) Kostenvorteil der Kernenergie aber abnimmt. Besonders von der Kohleindustrie wurden in Deutschland immer wieder Zweifel an solchen Berechnungen angeführt.[76] In den USA wurde die Wirtschaftlichkeit von Atomkraft- gegenüber Kohlekraftwerken schon in den siebziger Jahren in Frage gestellt. Einen endgültigen Meinungsumschwung brachte 1981 die vielbeachtete Studie von Charles Komanoff, die einen Kostenvorteil des Kohlestroms vorrechnete, der 1982 vom Department of Energy (Energieministerium) für die meisten Regionen bestätigt wurde.[77] Beachtenswert ist, dass dabei in den USA immer noch ausserordentlich geringe Rückstellungen für die Entsorgung gemacht werden (0,1 Cent pro kWh).[78]

In der Bundesrepublik ist 1983 die Debatte um die Wirtschaftlichkeit der Kernenergie mit der Publikation der schon mehrfach zitierten 550 Seiten starken Studie des Freiburger Oeko-Instituts sehr belebt worden. Diese Untersuchung kommt für ein Atomkraftwerk, das 1990 ans Netz geht, auf durchschnittliche Stromkosten während einer zwanzigjährigen Betriebszeit von 47,7 Pfennig (optimistisch 32 Pfennig, pessimistisch 98,7). Im Geldwert von 1982 ausgedrückt wären das 23,4 Pfennig pro Kilowattstunde (19,4 Rappen / kWh). Kohlestrom wäre nach ihrer Berechnung 40 Prozent billiger (siehe Abb. 3.7). Vor dem Hintergrund der Geschichte der Atomenergie und der noch ungelösten Probleme scheinen diese Resultate durchaus plausibel. Die angenommene Zunahme der Kraftwerksbaukosten ist sogar sehr bescheiden. Franke und Viefhues geben für die starke Kostensteigerung vor allem vier Gründe an:

- weiter gestiegene Kapitalkosten
- eine niedrige Arbeitsausnutzung
- erheblich angewachsene Kosten für den Nachsorgebereich der Brennstoffspirale
- höher veranschlagte Demontagekosten und einen frühzeitig durchgeführten Abriss.

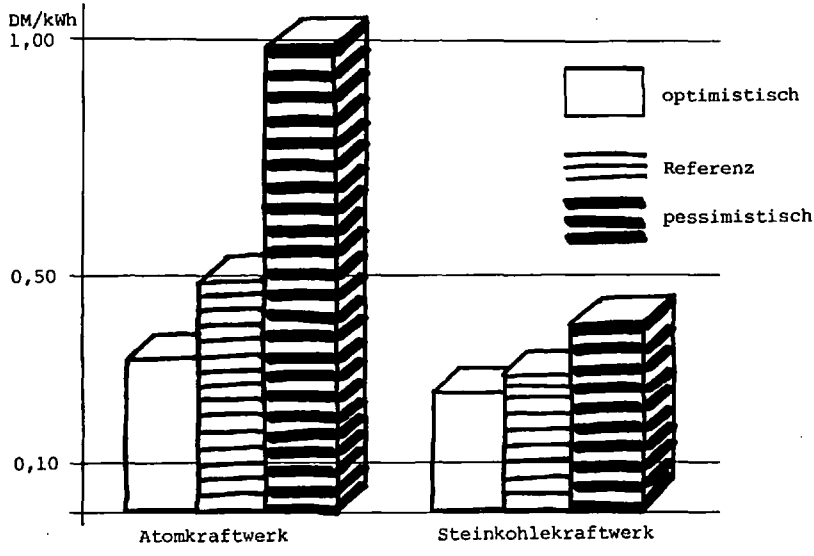
Bemerkenswert an den Ergebnissen dieser Studie ist ausserdem die grosse Bandbreite bzw. Unsicherheit der Kostenschätzungen für den Atomstrom, während die Kosten der Elektrizität aus Kohlekraftwerken viel verlässlicher angegeben werden können (siehe Abb. 3.8).[79]

Bestätigt wurden die hier standortunabhängig für noch nicht gebaute Kernkraftwerke errechneten Zahlen durch eine konkrete Fallstudie derselben Autoren, in der sie die Kosten der fertiggestellten, im Bau befindlichen und geplanten Atomkraftwerke von Baden-Württemberg untersuchten.[80]

Abb. 3.7.

ATOMSTROM WIRD TEUER

Durchschnittliche spezifische Stromgestehungskosten 1990-2009 aus neuen Kraftwerken in der Bundesrepublik (Oeko-Studie)



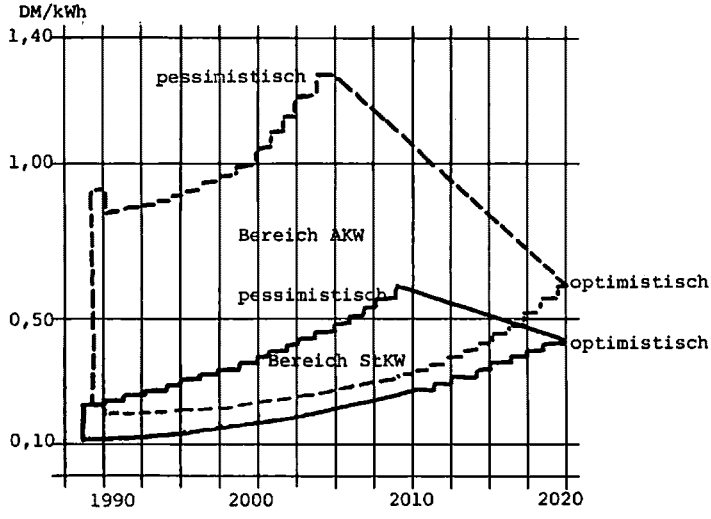
Quelle: Franke/Viefhues (1983)

Ein Atomkraftwerk in Kaiseraugst würde einige Jahre später als 1990 in Betrieb gehen, ausserdem würden sich die geringere Standardisierung und die kleinere Anlagengrösse des in Kaiseraugst vorgesehenen 925-MW-Siedewasserreaktors von General Electric/BBC gegenüber dem von Franke und Viefhues zugrundegelegten 1230-MW-Druckwasserreaktor von KWU stark verteuernd auswirken. Mit Wiederaufbreitung würde also Atomstrom aus Kaiseraugst weit mehr als 19 Rp/kWh kosten, wenn man den mittleren Ansätzen der Studie des Oeko-Instituts folgt. Auch wenn auf die Wiederaufbereitung verzichtet wird, dürfte der Kaiseraugststrom sicher auf deutlich mehr als 20 Rappen pro Kilowattstunde (im heutigen Geldwert gerechnet) zu stehen kommen.

Abb. 3.8.

DIE KOSTEN DES ATOMSTROMS BLEIBEN SEHR UNGEWISS

Ergebnisbandbreite der spezifischen Stromgestehungskosten aus neuen Kraftwerken in der Bundesrepublik (Oeko-Studie)



Quelle: Franke / Viefhues (1983)

Doch nicht nur neue Atomkraftwerke wären teuer. Auch die Preise des Atomstroms aus den bestehenden Anlagen in der Schweiz werden weiterhin klettern. Direktionspräsident Franz Josef Harder von den NOK erklärte an der Bilanzpressekonferenz 1983: "Die Kosten der nuklear-thermischen Stromerzeugung zeigen eine weiterhin stark steigende Tendenz auf: Dies gilt nicht nur für das Nachrüsten, sondern insbesondere auch für die Beschaffung und die Entsorgung von Kernbrennstoff. Dabei spielen für den im Ausland zu beschaffenden Brennstoff und die sich im Ausland befindlichen Entsorgungsanlagen die auch dort ständig verschärften Sicherheitsvorschriften und die Inflation eine bedeutende Rolle. Die Widerstände in unserem Land gegenüber den von der Nagra zur Lösung des Projektes "Gewähr" notwendigen Probebohrungen lassen zudem eine deutlich steigende Tendenz der Kosten für die Endlagerung radioaktiven Abfalls befürchten."[81]
Angesichts der vielen noch ungelösten Probleme der Atomtechnik sind alle Kostenschätzungen mit grosser Vorsicht zu betrachten. Die lange Geschichte der falschen Hoffnungen und Fehleinschätzungen ist noch nicht zu Ende. Unangenehme Ueberraschungen mit der immer noch unreifen tückischen Kerntechnologie stehen noch aus, und die Gesellschaft ist sich keineswegs einig über die zu stellenden Anforderungen. S. David Freeman, einer der drei Direktoren der Tennessee-Valley-Authority TVA, der grössten Stromversorgungsgesellschaft der USA, die 12 ihrer 17 Kernkraftwerksprojekte aufgegeben hat, sagte 1982: "Die Kosten der Kernenergie sind nicht einfach hoch, sie sind unvorhersagbar. Kein Kapitalist, der bei Verstand ist, wird etwas bauen, für das er keine Kosten-Nutzen-Rechnung aufstellen kann, weil die Kosten unbekannt sind."[81]

4. Die Stromschwemme

Fehlplanung mit überrissenen Prognosen: Steigende Preise senken den Verbrauch

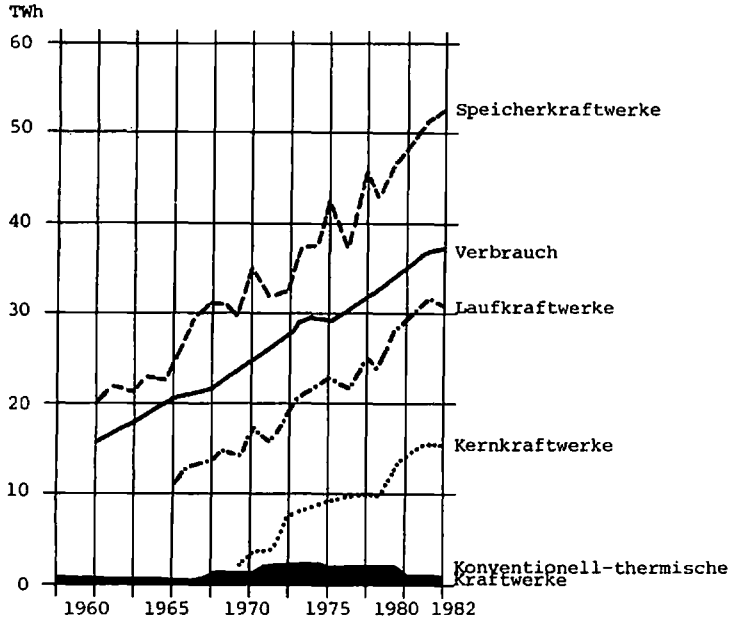
Nicht der Mangel an Elektrizität macht den Stromversorgungsunternehmen in den Industriestaaten heute Mühe, sondern viel eher ein ungeahnter Ueberfluss bei hohen Preisen. In den Vereinigten Staaten liegt die Kraftwerkskapazität heute mehr als 42 Prozent über der benötigten Spitzenleistung.[1] In der Bundesrepublik lag 1982 das Reservepolster an installierter Leistung bei 51 Prozent. Auch wenn man alle Atomkraftwerke abgeschaltet hätte, wäre immer noch eine Ueberkapazität von 33 Prozent geblieben - mehr als doppelt soviel Reserve, wie man vor 1972 für nötig hielt.[2] Auch Frankreich sieht sich trotz der Stillegung von konventionellen Kraftwerken wachsenden Ueberschüssen gegenüber, die es nun zu sehr niedrigen Preisen exportieren will.[3] Die Schweiz schliesslich hat 1983 trotz des ungewöhnlich kalten Herbstes ein Viertel soviel exportiert, wie sie selber konsumierte: während der Endverbrauch im Inland 38 Milliarden Kilowattstunden ausmachte, betrug der Exportüberschuss 9,2 Milliarden.[4]

Die Stromschwemme wird wohl überall weiter steigen, wenn in den nächsten Jahren die Atomkraftwerke in Betrieb gehen, die in den siebziger Jahren geplant wurden. In der Schweiz soll um die Jahreswende 1984/85 Leibstadt mit einer Jahresproduktion von knapp sechs Milliarden Kilowattstunden hinzukommen. In der lang anhaltenden Periode des wirtschaftlichen Wachstums bis Anfang der siebziger Jahre hatten sich die Planer und Prognosemacher daran gewöhnt, dass alles immer weiter wuchs. Meist beschränkten sie sich darauf, die beobachteten Entwicklungen einfach in die Zukunft zu verlängern. Dann stockte das Wachstum, die Energiepreise stiegen, die alten Methoden der Voraussage erwiesen sich zunehmend als unbrauchbar. Die kletternden Energiekosten führten zu zusätzlichen Einsparungen und die Verbrauchsprognosen mussten laufend nach unten korrigiert werden.

Abb. 4.1.

WOHIN MIT DEM STROM?

Entwicklung der einzelnen Erzeugungskategorien und des Stromverbrauchs seit 1960 in der Schweiz



Quelle: Elektrizitätsstatistik

In der Schweiz sagte 1972 das Amt für Energiewirtschaft für das Jahr 2000 einen Energieverbrauch von über 2000 Petajoule[5] voraus (1973 lag der Konsum bei 725 PJ). Vier Jahre später peilte die Kommission für eine Gesamtenergiekonzeption (GEK) in ihrem Zwischenbericht für die Jahrhundertwende nur noch einen Verbrauch von 1'185 PJ an. Im Schlussbericht 1978 war die Mehrheit der GEK-Kommission dann schon bei 880 angelangt, weniger als die Hälfte dessen, was das Energiewirtschaftsamt sechs Jahre zuvor vorausgesagt hatte. In den USA verlief die Entwicklung ähnlich: 1972 schätzte die Atomenergiekommission für das ominöse Jahr 2000 einen Energiebedarf von 160'000 Petajoule. Mit schöner Regelmässigkeit wurden die offiziellen Prognosen alle zwei Jahre um 20'000 PJ zurückgenommen, bis man 1978 bei rund 100'000 anlangte.[6]

Wie stark auch die kurzfristigeren Energieprognosen daneben lagen, zeigt das Beispiel der Bundesrepublik. Aus der Sicht von 1973 hatte der Primärenergieverbrauch für 1985 bei 17'900 Petajoule (610 Millionen Tonnen Steinkohleeinheiten) liegen sollen. Inzwischen wird er für 1985 auf 12'600 PJ geschätzt. Wohl immer noch zu hoch, denn der tatsächliche Energieverbrauch ist zwischen 1973 und 1982 von 11'100 auf 10'600 Petajoule gefallen.[7]

Auch in anderen Industrieländern sind die steigenden Energiepreise der letzten Jahre nicht ohne Folge geblieben. Der vermehrte Einsatz von energiesparenden Technologien hat sich besonders seit dem Ende der siebziger Jahre auf den Verbrauch ausgewirkt. Noch 1979 sagte die renommierte Prognoseabteilung des weltweit grössten Energiekonzerns Exxon für die kommenden Jahre in Europa ein jährliches Wachstum des Energieverbrauchs um zwei Prozent voraus.[8] Es kam ganz anders: Innerhalb von drei Jahren, von 1979 bis 1982, ist in den Europäischen Gemeinschaften der Energiekonsum um 11,5 Prozent gesunken.[9] Das liegt nicht nur an der Rezession.

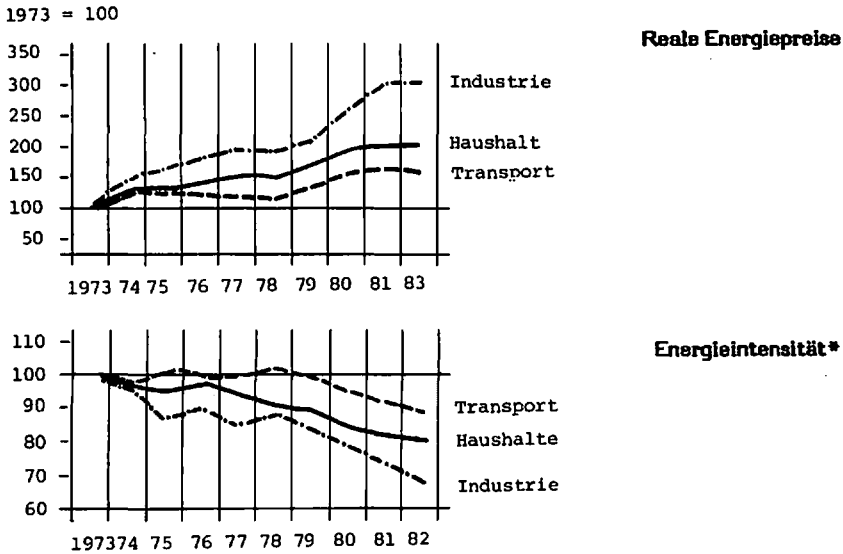
Berücksichtigt man das Wirtschaftswachstum, so wird der Spareffekt in den letzten Jahren nämlich noch deutlicher. Im Vergleich zum realen Bruttoinlandprodukt (BIP) hat der Verbrauch an Endenergie der in der OECD zusammengeschlossenen westlichen Industrieländer von 1973 bis 1982 um 20 Prozent abgenommen, die Energie wurde also wesentlich besser genutzt (siehe Tabelle 4.1). Wie eng das Sinken der Energieintensität mit dem Steigen der Preise zusammenhängt, zeigt eine Gegenüberstellung der Entwicklungen in den letzten Jahren (Abb. 4.2).

In der Industrie, wo die Energiepreise am steilsten kletterten, schaffte man es auch am schnellsten, mit weniger Energie die gleiche Leistung zu erbringen. Besonders gelehrig war man in allen Sektoren nach der zweiten Oelkrise 79/80. Da entschloss man sich offenbar ernsthafter, die seit 1973 entwickelten Spartechnologien nun auch in grösserem Ausmass einzusetzen. Neuen energiesparenden Technologien ist in vielen Bereichen der Durchbruch gelungen, doch wird es noch eine ganze Weile dauern, bis sie überall eingeführt sind. Deshalb wird die bessere Energienutzung weitere Fortschritte machen, auch wenn die Oelpreise in der letzten Zeit wieder etwas nachgelassen haben.

Die Schweiz steht mit einer Abnahme des spezifischen Energieverbrauchs von nur 9 Prozent (zwischen 1973 und 1982) im internationalen Vergleich sehr schlecht da. Das liegt vor allem daran, dass der Elektrizitätsverbrauch mit 23 % (immer bezogen auf das BIP) in dieser Zeit sehr viel stärker zugenommen hat als anderswo.

Abb. 4.2.

STEIGENDE ENERGIEPREISE FUEHREN ZU EINER BESSEREN NUTZUNG
Reale Energiepreise für die Endverbraucher und Energieintensität* in den 7 wichtigsten OECD-Ländern



*Energieverbrauch / Bruttoinlandprodukt

Quelle: OECD, Perspectives économiques, juillet 1983

Tabelle 4.1 zeigt, dass dieser Rekordzuwachs gar nicht dazu geführt hat, dass besonders viel fossile Brennstoffe gespart worden wären. Für das ungewöhnlich steile Ansteigen des schweizerischen Stromkonsums gibt es einen guten Grund: Während in den meisten Ländern infolge der Preissteigerungen bei Oel und Kohle auch die Stromtarife in die Höhe kletterten, blieb die Elektrizität in der Schweiz recht billig, denn sie stammte zum allergrössten Teil aus Wasserkraft. (Siehe Abb. 4.3; 4,4) Bei den teurer gewordenen fossilen Brennstoffen sparten die Schweizer immerhin fast 15 Prozent ein, beim Strom jedoch nahm die Verschwendung beinahe im gleichen Masse zu, wie es sich die Elektrizitätswerke gewünscht hatten.

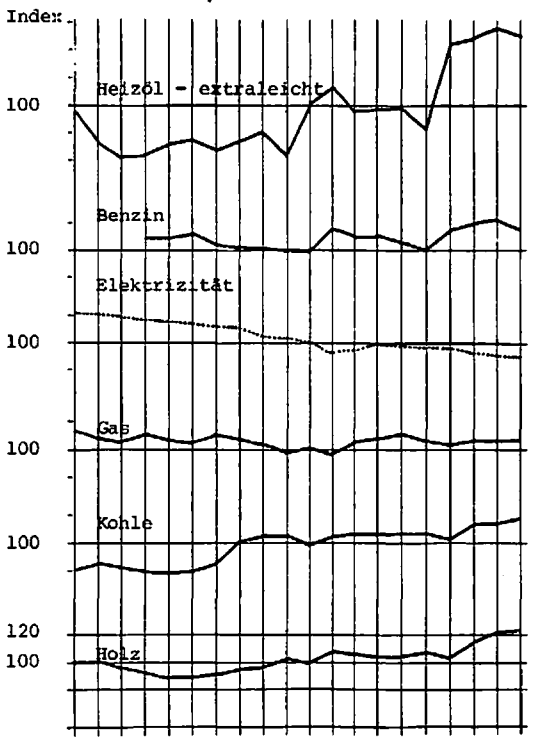
Tab. 4.1. VERAENDERUNGEN DES ENERGIEVERBRAUCHS 1973-1982 IN PROZENT

	CH	BRD	GB	F	US	JAP	S	AU	NL	OECD
Endenergie, bezogen auf das Bruttoinlandprodukt (BIP)										
insgesamt	- 9	-25	-19	-26	-18	-31	-13	-17	-13	-20
Elektrizität	+23	+ 7	-10	+14	+ 4	-10	+16	+12	+12	+ 4
Nicht-El.	-15	-28	-21	-30	-20	-35	-33	-21	-25	-23
Primärenergieverbrauch fossile Brennstoffe, bezogen auf das BIP										
	-15	-23	-23	-30	-16	-33	-32	-18	-22	-20
Primärenergieverbrauch fossile Brennstoffe, absolut										
	-13	-11	-17	-13	- 3	- 7	-23	- 3	-12	- 4

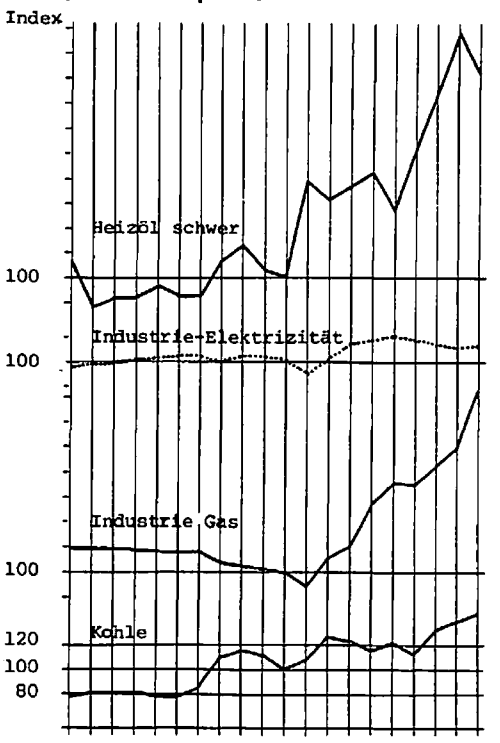
berechnet aufgrund: IEA: Energy Policies (1983); OECD, Perspectives Ecomomiques 34 (1983); OECD/IEA, Energy Balances (1984)

Abb. 4.3. **IN DER SCHWEIZ IST DER STROMPREIS BISHER NIEDRIG GEBLIEBEN**

a) Preisentwicklung auf der Detailhandelsstufe (Konsumentenpreise real)



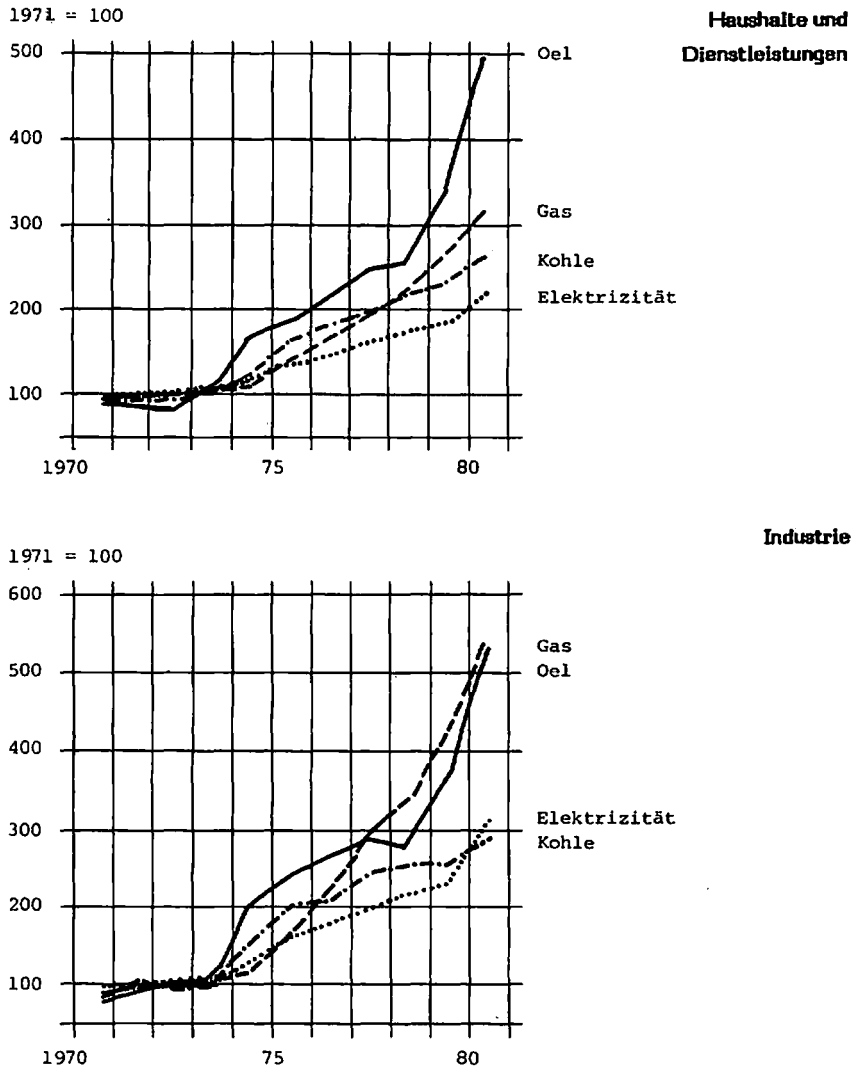
b) Preisentwicklung auf der Grosshandelsstufe (Grosshandelspreise)



Quelle: Schweiz. Gesamtenergiestatistik 1982

Abb. 4.4.

IM AUSLAND STIEGEN DIE ELEKTRIZITAETSKOSTEN BESONDERS SEIT 1979:
Energiepreise in den 7 wichtigsten OECD-Ländern



Quelle: IEA, World Energy Outlook, 1982

Das wird sich jedoch ohne Zweifel in der nächsten Zeit ändern. 1983 erhöhte sich der schweizerische Stromverbrauch mit 3,4 Prozent noch einmal fast gleich stark wie im Mittel der vergangenen sieben Jahre (3,5 %).[10] Die heute in kurzen Abständen folgenden Strompreiserhöhungen konnten sich noch nicht auswirken. Bei den Bernischen Kraftwerken zum Beispiel stiegen die Tarife im Herbst 1983 um 5 %, im Herbst 1984 sollen sie noch einmal um den gleichen Betrag angehoben werden und für 1985 ist wegen des schlechten Betriebsergebnisses eine weitere Erhöhung vorgesehen.[11] Bei den Nordostschweizer Kraftwerken trat ebenfalls erst im Herbst eine 7-prozentige Tarifanhebung in Kraft, für 1985 ist ein neuer Aufschlag von noch unbekannter Höhe geplant.[12] Die Verteuerung wird nicht ohne Wirkung bleiben. Was allen Voraussagen zum Trotz mit der Energie insgesamt passiert ist, wird auch beim Strom nicht ausbleiben. Allein die teure Elektrizität aus Leibstadt wird die durchschnittlichen schweizerischen Stromerzeugungskosten um zehn Prozent verteuern. Das würde unter Berücksichtigung der Verteilungskosten beim Konsumenten eine Preissteigerung von rund fünf Prozent ausmachen, doch ist sie - wie wir noch sehen werden - aus anderen Gründen in Wirklichkeit wesentlicher höher. Dass sich auch der Strom aus den bestehenden Atomkraftwerken weiter verteuert, habe ich im letzten Kapitel gezeigt. Mit Leibstadt hat die Atomenergie dann im Winter einen Anteil von 45 % an der schweizerischen Stromerzeugung. Mit Kaiseraugst, dessen Strompreis noch einmal wesentlich höher sein wird, läge der nukleare Anteil gar bei 50 %.[13] (Vorsichtiger als die Elektrizitätswirtschaft, die mit 4000 Betriebsstunden im Winter rechnet, geht der Bundesrat in seiner Kaiseraugst-Botschaft nur von 3587 Stunden aus, was Anteile von 43 bzw. 47 Prozent ergibt. Dadurch würden sich dann aber auch die kalkulierten Preise erhöhen.)

Dazu kommt, dass auch der Preis für Strom aus Wasserkraft in der nächsten Zeit schneller klettern wird, als die allgemeine Teuerung. Kürzlich hat der Schweizerische Wasserwirtschaftsverband eine Reihe von Gründen aufgelistet, warum das sogar für die bestehenden Anlagen gilt. Zur Diskussion stehen zur Zeit: eine Erhöhung der Wasserzinse, eine Abschaffung der Qualitätsstufen, zusätzliche Versicherungskosten, eine Erhöhung der Steuern und vermehrte Auflagen wie die Erhöhung der Restwassermenge.[14] Aus neuen Wasserkraftwerken wird die Elektrizität erst recht nicht mehr so billig zu haben sein wie früher. Eine Studie der Motor-Columbus rechnet aufgrund bestehender Projekte mit 7 bis 13 Rappen pro Kilowattstunde für Laufkraftwerke und 11 bis 17 Rappen für Speicherkraftwerke.[15]

Mit den stabilen Strompreisen ist es nun also auch in der Schweiz vorbei. Vor allem dank der "billigen" Atomenergie weist die Preisentwicklung nun markant nach oben.

Günstigere Alternativen blieben bisher weitgehend ungenutzt (siehe Kapitel 5). Die Reaktion der Konsumenten wird auf die Dauer nicht ausbleiben.Erfahrungen im Ausland zeigen, dass der Spareffekt durch höhere Strompreise in der Tat recht bedeutend ist. Leider sind in den umfangreichen internationalen Statistiken nur wenige Angaben über die Preisentwicklung der Elektrizität zu finden. In den grossen Industrieländern stieg der Strompreis mit der zweiten Oelkrise jedoch plötzlich stärker an (siehe Abb. 4.4). Wie die Kurve der Verbrauchsentwicklung zeigt (Abb. 4.5a), stagnierte der Elektrizitätsverbrauch zum Beispiel in Japan und der Bundesrepublik sofort. Das liegt - genau wie beim Rückgang des Gesamtenergieverbrauchs - nicht etwa an der internationalen Wirtschaftskrise. Denn bezieht man wieder den Verbrauch auf das Bruttoinlandprodukt, dann zeigt sich der Spareffekt ganz eindeutig (Abb. 4.5b). Besonders Japan steigerte die elektrische Effizienz seiner Volkswirtschaft innert kurzer Zeit beträchtlich. Es ist kaum zu bezweifeln, dass der bisher starke Anstieg des Elektrizitätsverbrauchs bei uns ebenfalls absacken wird, wenn jetzt - drei Jahre später als anderswo - auch in der Schweiz die Strompreise klettern,

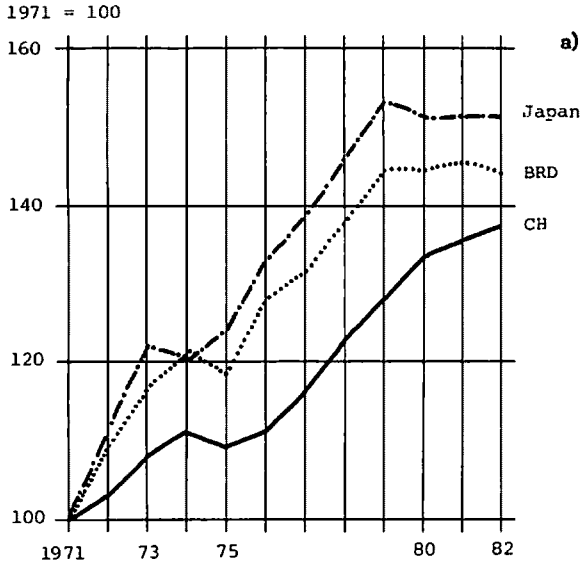
Wer schneller sparen lernt, kann auch wirtschaftlichen Vorteil daraus ziehen. Nicht nur durch geringere Produktionskosten, sondern auch im Sortiment: Seit einiger Zeit kursiert das Gerücht, japanische Unternehmen planten mit stromsparenden Haushaltgeräten eine neue Exportoffensive. Schon in den siebziger Jahren hatten benzinsparende Volkswagen und japanische Autos in den Vereinigten Staaten gegenüber der verschlafenen einheimischen Konkurrenz grosse Erfolge zu verzeichnen.[16]

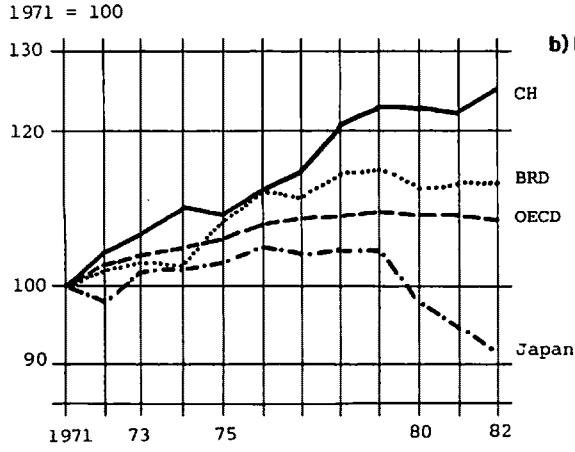
Weil es kaum Erfahrungen damit gab, hat man den Einfluss der Preissteigerungen überall unterschätzt. Früher beim Oel, heute bei der Elektrizität. Auch an der Weltenergiekonferenz, die kürzlich in New Delhi stattfand, wurde festgestellt, der Verbrauchsrückgang müsse zu einem grösseren Teil, als ursprünglich angenommen, den Energieeinsparungen zugerechnet werden[7]. Teurere Ueberkapazitäten sind die Folge und führen zu einer weiteren Verteuerung. Vor allem amerikanische Gesellschaften sind durch diesen Teufelskreis in grosse Schwierigkeiten geraten (siehe Kap. 2). Atomkraftwerke, die lange Planungs- und Bauzeiten haben und wegen des hohen Kapitalanteils nicht viel weniger kosten wenn sie stillstehen, als wenn sie laufen, sind hier eine besonders grosse Belastung.

In den einschlägigen Statistiken sind die hier vorgerechneten Vergleiche nicht zu finden. Auch in den neuesten halboffiziellen Prognosen für die Schweiz wird die Strompreissteigerung nicht berücksichtigt.[18]

Abb. 4.5.

WO DIE STROMPREISE STIEGEN, HAT MAN ANGEFANGEN ZU SPAREN





Berechnet aus: OECD, Energy Balances (1984); OECD, Perspectives Economiques (1983)

Wir alle subventionieren den Stromexport

1981, 1982 und auch noch 1983, als die Elektrizitätswirtschaft lautstark auf die schlechteren Wasserverhältnisse hinwies, führte die Schweiz netto mehr Strom aus, als Gösgen und Mühleberg zusammen produzierten. Der durchschnittliche Exporterlös lag 1981 bei 7 Rappen pro Kilowattstunde.[19] Damit war Gösgen, dessen Strom ein Jahr später mit 7 Rappen verrechnet wurde[20], für die Elektrizitätswirtschaft damals vielleicht gerade noch rentabel, auch wenn man die notwendige Hochspannungsübertragung berücksichtigt. Im Jahr 1983 dagegen sah das Exportgeschäft viel ungünstiger aus. Produktionsüberschüsse in Europa sorgten für "gedrückte Preise". Verschiedene Elektrizitätsgesellschaften erlitten empfindliche Einbussen. Es wird nicht damit gerechnet, dass sich die Lage auf dem europäischen Strommarkt in den nächsten Jahren bessert, die Nachbarländer haben ebenfalls zu viele Kraftwerke gebaut.[21] Leibstadt mit seinem Strompreis von mehr als 11 Rappen wird von Anfang an ein riesiges Verlustgeschäft.

Seit einer Weile bietet die staatliche französische Elektrizitätsgesellschaft EDF ihren Atomstrom im Ausland zu Tiefstpreisen feil. Dem Chemie-Multi BASF in Ludwigshafen wollte sie die Kilowattstunde für vier Pfennig, oder gar "noch günstiger" verkaufen, doch die Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerke RWE verweigerten die Durchleitung des billigen Importstroms - sie selber wollen bei diesem Grosskunden eine Tariferhöhung um sechs Pfennig durchsetzen.[22] Auch in der Schweiz hat die EDF inzwischen ähnliche Avancen gemacht. In der Fernsehsendung "Kassensturz" gab Direktor Marc Légeret vom zweitgrössten Schweizer "Stromhändler" ATEL (Aare-Tessin Aktiengesellschaft für Elektrizität) kürzlich bekannt, dass die EDF neuerdings Verträge mit einer Laufzeit von bis zu zwanzig Jahren und Preisen unter fünf Rappen pro Kilowattstunde anbietet.[23] Und die französischen Ueberkapazitäten wachsen weiter (siehe Kapitel 7). Kürzlich hat die Regierung lediglich zur Erhaltung der Atomindustrie den Bau von weiteren Einheiten beschlossen.

Mit der Möglichkeit, überschüssigen schweizerischen Strom kostendeckend oder gar gewinnbringend ins Ausland zu verkaufen, ist es also vorbei. 3,9 Rappen pro Kilowattstunde betrugen 1982 in Gösgen allein die Kosten für Brennstoff und

Betrieb,[24] das ist mehr als die BASF für französischen Exportstrom hätte zahlen sollen. Weil die Elektrizität aus Leibstadt im Inland nicht benötigt wird, käme es also wohl bald billiger, den Milliardenbau einzumotten.

Tab. 4.2.

LEIBSTADT FUER EXPORTSTROM

Was uns das kosten würde

Strompreis ab Kraftwerk		11	Rappen/kWh
Hochspannungsübertragung bis zur Grenze		0,5	Rappen/kWh
		11,5	Rappen/kWh
Exporterlös bei langfristigen Verträgen		4	Rappen/kWh
VERLUST		7,5	Rappen/kWh
Schweizer Anteil an der jährlichen Stromproduktion	5,36	Milliarden kWh	
jährlicher VERLUST	ca. 400	Millionen Franken	

Doch die Schweizer Strommanager werden sich dazu kaum durchringen, sie glauben inbrünstig an ein weiteres Wachstum. Versuchen wir deshalb einmal zu berechnen, welche Verluste bei einem Export des Leibstadt-Stroms entstehen würden: Nehmen wir an, die schweizerischen Stromhändler seien nicht erfolgreicher als ihre französischen Kollegen und würden langfristig Verträge nur zu vier Rappen pro Kilowattstunde abschliessen können. Nach den neuesten Kalkulationen soll der Leibstadt-Strom ab Kraftwerk elf Rappen kosten. Früher sprach man von mehr als zwölf, inzwischen wurde die Zahl durch eine gewagte Verlängerung der Abschreibungsdauer auf 30 Jahre geschönt. In der Bundesrepublik rechnet man hingegen mit einer Abschreibungszeit von nur 20 Jahren.[25] Ausserdem wird eine unrealistisch hohe Arbeitsauslastung angenommen.[26] Doch gehen wir einmal von diesen 11 Rappen aus. Für die Hochspannungsübertragung bis zur Grenze kann man vorsichtig einen halben Rappen veranschlagen. Pro Kilowattstunde ergibt sich also eine Differenz von 7,5 Rappen. Der schweizerische Anteil - deutsche Gesellschaften sind mit 12,5 % auch noch Teilhaber - an der Stromproduktion in Leibstadt beträgt 5,36 Milliarden Kilowattstunden im Jahr. Der Verlust der schweizerischen Elektrizitätswerke aus Leibstadt beträgt also dann jährlich rund 400 Millionen Franken (vgl. Tab. 4.2). Schlussendlich werden wir Konsumenten das bezahlen müssen. Das

sind neun Prozent aller Stromausgaben 1982 oder, pro Kopf der Wohnbevölkerung gerechnet, 62 Franken im Jahr. Man könnte einwenden, die angenommenen langfristigen Exportverträge seien für die Schweiz eine ungünstigere Variante als kurzfristige Vereinbarungen. Das dürfte wegen wachsender Sommerüberschüsse jedoch nicht der Fall sein (siehe nächsten Abschnitt). Zudem ist der Strompreis aus Leibstadt mit 11 Rappen sicherlich zu tief angesetzt. Bei einem realistischeren Preis von 15 Rappen würde der jährliche Verlust über 600 Millionen Franken betragen. Für Kaiseraugst sähe die Rechnung noch wesentlich ungünstiger aus.

Teurer Strom zur falschen Zeit

Das Rechnen mit Durchschnittspreisen ist nur dann sinnvoll, wenn es sich um langfristige Verträge für eine gleichmässige Abnahme handelt. Auf den Strommarkt zwischen den Elektrizitätswerken ist der kurzfristige Preis von Stunde zu Stunde sehr unterschiedlich. Anders als Kohle oder Erdöl kann man Elektrizität nicht einfach lagern. Die Produktion muss laufend dem Verbrauch angepasst werden, der je nach Tages- und Jahreszeit stark schwankt. Besonders ausgeprägt sind die Unterschiede innerhalb von vierundzwanzig Stunden: In der warmen Jahreszeit wird nachts oft weniger als halb so viel konsumiert wie kurz vor dem Mittag, wenn in den Betrieben noch gearbeitet wird und die Hausfrauen ihre Kochherde schon eingeschaltet haben. Eher mehr Schwierigkeiten bereiten aber die Unterschiede zwischen Sommer und Winter.

Um den unterschiedlichen Bedarf zu decken, verwendet man eine Mischung von verschiedenen Kraftwerkstypen. In unseren Nachbarländern, in denen der Anteil der Wasserkraft klein ist, bleibt die Rechnung übersichtlich: Für die immer benötigte Grundlast verwendet man Kraftwerke, die möglichst günstigen Strom liefern. Mit steigenden Konsum werden dann Mittel- und Spitzenlastkraftwerke zugeschaltet, deren Strom teurer sein darf, die aber weniger kosten, wenn sie stillstehen. Bei

Gasturbinen zum Beispiel kostet die Anlage relativ wenig, der Brennstoff dagegen viel, und sie lassen sich in Minutenschnelle anfahren. Atomkraftwerke sind dagegen typische Grundlastkraftwerke. Wegen der komplizierten Anlagen haben sie einen hohen Anteil an festen Kosten (siehe Kap. 3). Ausserdem müssen sie bei möglichst gleichbleibender Leistung betrieben werden. Diese Eigenschaften der Kernenergie bereiten der französischen Elektrizitätsversorgung zunehmend Probleme: weil der Anteil der A-Werke an der gesamten Kraftwerksleistung zu hoch ist, müssen sie teilweise als Mittellastkraftwerke betrieben werden.[27]

In der Schweiz macht die relativ günstige und umweltfreundliche Wasserkraft das System etwas unübersichtlicher. 1982 stammten dreissig Prozent der Elektrizität aus Laufkraftwerken, die Grundlast liefern. Ihre Produktion hängt aber von den Wasserverhältnissen ab und ist im Sommer wesentlich grösser als im Winter. Einen gewissen Ausgleich können da die Speicherkraftwerke schaffen. Trotzdem fällt der grössere Teil der Stromproduktion mit Wasserkraft in das Sommerhalbjahr, während der Bedarf im Winter grösser ist. Seit langem hat die Schweiz deshalb im Sommer Strom exportiert.

Die Speicherkraftwerke dienen auch zur Deckung der tageszeitlichen Schwankungen. Sie sind hervorragend als Spitzenlastkraftwerke geeignet, weil sie für grosse Leistungsreserven ausgelegt wurden und sich sehr schnell regeln lassen. Andererseits haben sie keine Brennstoffkosten, und man nutzt das verfügbare Wasser im Laufe des Jahres möglichst aus. Die Schweizer Stromfabrikanten haben es sich etwas kosten lassen, in den Bergen riesige Turbinen aufzustellen, die für schweizerische Verhältnisse zu gross wären.[28] Im internationalen Stromhandel zahlt sich das aus: Zu Spitzenlastzeiten, wenn der Strom teuer ist, wird exportiert. Nachts dagegen, wenn die Nachbarländer ihre Elektrizität billig abgeben, stehen die Speicherkraftwerke still. Solange er im Gleichgewicht bleibt, ist dieser komplizierte internationale Austausch offensichtlich sinnvoll. In diesem Handel waren die ausländischen Partner auch bereit, während des Winters mehr Strom zu liefern.

Mit der steigenden Produktion von Atomstrom in der Schweiz gerät die Rechnung jedoch durcheinander. Mit der Inbetriebnahme von Leibstadt steigt der Anteil der Grundlast aus Kern- und Laufkraftwerken auf rund 64 % der gesamten Produktion.[29] Da gibt es kaum mehr etwas auszutauschen. Auch wenn es den Stromverkäufern gelingen würde, ihre Ueberschüsse einmal im Inland loszuschlagen, ist die Folge eine wesentlich ungünstigere Produktionsstruktur.

Deshalb baut man seit einigen Jahren Pumpspeicherwerke, die mit billigem Nacht- und Wochenendstrom grosse Wassermengen den Berg hinaufpumpen, um sie bei grosser Stromnachfrage wieder hinunterfliessen zu lassen. Das im September 1983 eingeweihte Pumpspeicherwerk Oberaar-Grimsel der Kraftwerke Oberhasli kostete 450 Millionen und hat mit 300 Megawatt fast die gleiche Leistung wie das Atomkraftwerk Mühleberg. Eine Schwesteranlage gleicher Grösse ist vorgesehen. Diese für die trägen Atomkraftwerke notwendigen Stromspeicher sind nicht nur teuer zu bauen, sondern auch aufwendig im Betrieb: 28 % des eingesetzten Stroms gehen durch Reibungsverluste verloren.[30]

Obwohl Atomkraftwerke im Winter etwas mehr Strom produzieren als im Sommer, verschlechtert sich durch ihren vermehrten Einsatz nicht nur die Fähigkeit des Elektrizitätssystems, sich an die tageszeitlichen Verbrauchsschwankungen anzupassen, auch das Problem der Sommerüberschüsse wird immer grösser. Erstens sind sie schlechter im Ausland zu verkaufen, weil sie nun auch in Schwachlastzeiten anfallen. Zweitens steigt mit der Ankurbelung des schweizerischen Stromkonsums vor allem der Winterverbrauch - im Juli wird niemand seine Elektroheizung einschalten. Bereits in den letzten Jahren ist der Winteranteil deutlich grösser geworden. Unter dem Schlagwort "Erdölsubstitution" will die Elektrizitätswirtschaft diese Entwicklung weiter verstärken.

Tab. 4.3.

ANTEIL DES WINTERHALBJAHRES AM GANZJAHRESVERBRAUCH (Elektrizität)

1950/51	45,1 %
1960/61	49,4 %
1970/71	52,3 %
1981/82	54,3 %
1999/00	65,7 %

Quelle: Berechnet aus Elektrizitätsstatistik (1982) und GEK (1978)

Aufgrund der noch günstigen Exporterlöse von 1981 rechnete der "Kassensturz" in der erwähnten Fernsehsendung der Elektrizitätswirtschaft allein für die sommerlichen Ueberschüsse aus Leibstadt einen Verlust von 80 Millionen Franken vor. ATEL-Direktor Légeret meinte daraufhin, man werde das neue Kraftwerk im Sommer deshalb vielleicht länger als die notwendigen Revisionenszeiten stillegen müssen. Tatsächlich schrieb der Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke schon 1980 in seinem Bericht zur Reservehaltung:[31] "... muss auch darauf hingewiesen werden, dass sich der Einsatz der Kernkraftwerke in Zukunft vermehrt auf das Winterhalbjahr konzentriert und sich ihre Benützungsdauer dementsprechend reduzieren könnte , um die Stromproduktion im Sommer mit dem Inlandbedarf in Einklang zu bringen." Vor dem Hintergrund dieser Aussagen erscheinen die offiziellen Kalkulationen für den Leibstadt-Strom erst recht als Augenwischerei. Liefe das Kraftwerk zum Beispiel nur 4000 Stunden im Jahr anstatt der angenommenen 6500, so würden die behaupteten 11 Rappen pro Kilowattstunde auf 15,4 Rappen klettern.[32]

Luxuriöse Reservehaltung: Leibstadt als Notstromgruppe?

"Die Tatsache, dass die schweizerischen Elektrizitätswerke im Jahre 1982 per Saldo 10,8 Milliarden Kilowattstunden Strom an die umliegenden Länder abgeben konnten, wird oft missverstanden", schreibt der Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke VSE in seinem Geschäftsbericht. "Dieser Strom stammt aus der Reservekraftwerkskapazität, die notwendig ist für den Fall, dass ein wasserarmes Jahr mit kalten, trockenen Wintermonaten auftritt oder dass ein grösseres Kraftwerk längere Zeit ausfällt. Ferner ist dieser Reserve, langfristig betrachtet, der 'Puffer' zur Deckung des jährlich steigenden Strombedarfs."[33]

Dass Stromausfälle stets unangenehme Folgen haben können und dass eine gewisse Reserve notwendig ist, bestreitet sicherlich niemand. Einerseits jedoch leistet sich

die Elektrizitätswirtschaft, die den Atomgegnern "übersteigertes Sicherheitsdenken" vorwirft, wenn es um mögliche Reaktorunfälle, Gesundheits- und Erbschäden geht, mit riesigen Ueberkapazitäten eine Versorgungssicherheit, die das Mass des volkswirtschaftlich Vernünftigen weit übersteigt. Offensichtlich dient diese Luxusreserve nur dazu, das einmal beschlossene Atomprogramm zu rechtfertigen. Andererseits macht der vermehrte Einsatz der Kernenergie durch die Grösse der einzelnen Kraftwerke und die Verschlechterung der gesamten Produktionsstruktur tatsächlich höhere Reserven nötig als bisher. Die Kosten dafür tauchen im offiziellen Atomstrompreis nicht auf.

Die Strommanager verlangen in ihren Bedarfsrechnungen, dass sich die Schweiz nur in einem von zwanzig Wintern auf den Nettoimport von Elektrizität aus dem Ausland verlassen soll (Versorgungssicherheit von 95 %). Im Normalfall soll exportiert werden. Das ist neu, in den letzten 29 Jahren war ungefähr in der Hälfte der Winter ein Einfuhrüberschuss zu verzeichnen, ohne dass deswegen Probleme entstanden wären. Dazu ist nun nach schwer durchschaubaren Wahrscheinlichkeitsrechnungen eine Produktionsreserve notwendig, die nach den Prognosen der Elektrizitätswirtschaft im Winter 1989/90 4100 GWh betragen würde - mehr als anderthalb mal so viel wie der schweizerische Anteil an Kaiseraugst.[34]

Eine Studie im Auftrag der Eidgenössischen Energiekommission (EEK) hat jedoch festgestellt[35], dass mit einer Wahrscheinlichkeit von 99 % die Nachbarländer auch dann 1000 bis 3000 GWh liefern können, wenn sie selber Leistungsengpässe haben - was angesichts der europäischen Ueberkapazitäten nicht zu erwarten ist. Ausserdem sei es möglich, die Nachfrage in einem Winterhalbjahr um rund 2600 GWh zu senken, ohne dass dabei ins Gewicht fallende volkswirtschaftliche Einbussen zu erwarten oder eine Stromrationierung notwendig würde. Und schliesslich könnten durch eine veränderte Bewirtschaftung der Wasserspeicher im Winter mindestens 1200 GWh zusätzlich produziert werden - Elmar Ledergerber, selbst Mitglied der EEK, rechnet in der Stellungnahme der Umweltorganisationen vor, dass die "stillen Reserven" gar 2000 GWh betragen.[36]

Aus diesen Gründen setzt sich eine starke Minderheit der Eidgenössischen Energie-Kommission dafür ein, dass eine Versorgungssicherheit von 90 % (also in einem von zehn Wintern ein Importüberschuss) ausreicht. Die notwendige Winterreserve würde dadurch immerhin auf 2700 GWh sinken.[37] Die Umweltorganisationen halten realistischerweise für vertretbar, im Durchschnitt alle vier Winter eine Stromeinfuhr in Kauf zu nehmen (Versorgungssicherheit 75 %). Dafür wäre nur ein gutes Drittel der vom VSE verlangten Reserve notwendig (1400 GWh 1989 für die unrealistisch hohe Verbrauchsprognose des VSE).[38]

Trotzdem ist nicht zu übersehen, dass die Atomenergie hier neue Nachteile gebracht hat, deren Kosten schwer zu berechnen sind. Die Kernkraftwerke sind wesentlich grösser und wesentlich anfälliger als die bisher verwendeten Anlagen zur Stromerzeugung. Gösgen liefert immerhin zwölf Prozent der Landesproduktion, wenn sein Strom tatsächlich gebraucht würde, könnte ein längerer Ausfall eine empfindliche Lücke hinterlassen. Die Elektrizitätswirtschaft begründet ihre überrissene Reservehaltung - bzw. die steigenden Stromexporte - ebenso wie die Notwendigkeit von Pumpspeicherwerken ausdrücklich mit dem steigenden Anteil der Atomenergie.[39] Doch wird der dafür notwendige Aufwand bei den ausgewiesenen Kosten des Atomstroms nie dazugerechnet.

Ausgerechnet Atomkraftwerke für die Reservehaltung zu bauen, ist wirtschaftlicher Unsinn. Stolz spricht die Elektrizitätswirtschaft von ihrer "laufenden Reserve", die nicht wie in anderen Ländern stillsteht, sondern dank der besonderen Rolle der Schweiz im europäischen Stromverbund den überschüssigen Strom exportieren kann. Weil das mit kleinen Mengen und den flexiblen Wasserkraftwerken früher gut funktionierte, wollten die Strommanager das alte Rezept auch auf Atomkraftwerke anwenden. Doch die Kernkraft hat die besondere Rolle der Schweiz untergraben: Atomstrom haben auch die Nachbarn genug. So wird Leibstadt im Endeffekt zu einer Art gigantischer Notstromgruppe - etwas teuer, denn zwei Drittel der Kosten fallen auch dann an, wenn sie stillsteht: mehr als eine halbe Million Franken pro Tag.

Die Ueberlegungen zur Versorgungssicherheit bleiben unvollständig, wenn man nicht auch Krisensituationen betrachtet. Unter Hervorkehrung der falschen Alternative "Oel oder Atomstrom" weist die Atomlobby immer wieder darauf hin, dass es sehr einfach ist, den Uranbedarf für mehrere Jahre auf kleinem Raum zu lagern. Falls terroristische oder gar militärische Aktionen zu befürchten sind, nützt der gepriesene "Notvorrat" an Uran jedoch gar nichts mehr, denn die Atomkraftwerke müssen aus Sicherheitsgründen abgestellt werden. Bei dem geplanten Atomstromanteil von über 40 Prozent wären die Folgen einschneidend, wenn wir all den Strom wirklich brauchen würden.

Stromtarife:
Die subventionierte Verschwendung

Die heutigen Stromtarife führen zu falschen Entscheidungen der Verbraucher, sie verlocken zur Verschwendung. Obwohl im Sommer Ueberschüsse vorhanden sind und die Elektrizitätswirtschaft behauptet, wegen des steigenden Winterverbrauchs seien neue Atomkraftwerke notwendig, kostet der Strom für die Konsumenten im Sommer und im Winter gleichviel. Für Elektroheizung und Elektroboiler wird mit niedrigen Tarifen geworben, die die anderen Verbraucher subventionieren müssen. Neue Kraftwerke aller Art und auch neue Leitungen kosten viel mehr als früher. Deshalb führt jede Ausweitung des Stromverbrauchs zu einer allgemeinen Verteuerung der Elektrizität.

Wer mehr Strom braucht, bekommt ihn wesentlich billiger. Ein schweizerischer Haushalt konsumiert durchschnittlich 3400 Kilowattstunden im Jahr.[40] Nehmen wir an, die Normalfamilie Meier beziehe ein Drittel ihres Verbrauches im Niedertarif und wohne im Versorgungsgebiet der Centralschweizerischen Kraftwerke CKW. Dann zahlt sie heute 739 Franken im Jahr oder 21,7 Rappen pro Kilowattstunde. Jede weitere Kilowattstunde im Hochtarif kostet sie nur 18, im Niedertarif zwischen zehn Uhr abends und sechs Uhr morgens gar nur 8 Rappen. Bei den Bernischen Kraftwerken (BKW), wo sie im Jahr auf 526 Franken käme, ist auch der Nachtstrom mit 6,6 Rappen noch billiger.[41] Dabei betragen die zusätzlichen Produktions- und Verteilkosten der Elektrizitätswerke - also aus neuen Anlagen -im Winter auch zu Schwachlastzeiten 14,5 Rappen.[42] Wenn im Kanton Bern Familie Müller ihr neues, gutisoliertes kleines Einfamilienhaus mit einer Elektroheizung ausstattet, die in einem Winter 15'000 Kilowattstunden braucht, dann zahlen die BKW also in jeder Heizperiode gut 1100 Franken drauf. Kein Wunder, dass die Strompreise steigen. Wer beschliesst, sich ganz von der Elektrizität abhängig zu machen, also die Heizung, den Kochherd und den Boiler mit Strom zu betreiben, der bekommt noch eine Sondervergünstigung: bei den CKW ist dann der Tagstrom 2 Rappen billiger und bei den BKW 1,6 Rappen.[43]

In vielen Netzteilen hat dies dazu geführt, dass auch in den Winternächten Belastungsspitzen auftreten. Die BKW konnten 1982 wegen der starken Auslastung ihrer Leitungen nur noch halb so viele Elektroheizungen bewilligen wie im Jahr

zuvor.[44] Auf die Dauer werden sich die niedrigen Nachttarife nicht halten lassen. Bei den kürzlichen Preiserhöhungen wurden sie schon generell stärker angehoben als die Tagtarife.[45] Wer sich heute vom Strom abhängig macht, dürfte sich schon bald über unwirtschaftliche Anlagen ärgern. Das böse Erwachen aus dem Traum vom billigen Atomstrom wird auch beim privaten Verbraucher nicht lange auf sich warten lassen.

Doch wäre es ungerecht, zu behaupten, dass nur eine machtgierige Absatzstrategie der Stromverkäufer für diese Situation verantwortlich ist. Althergebrachte Grundsätze der Tarifgestaltung, die jahrzehntelang durchaus ihre Berechtigung hatten, sind unbrauchbar geworden, seitdem die günstigen Möglichkeiten zur Nutzung der Wasserkraft weitgehend ausgeschöpft sind. Und den Herren in den Bürokratien der grossen öffentlichen Elektrizitätsgesellschaften fällt das Umdenken offenbar schwer. So schwer sogar, dass sie sich vor Kritik abschirmen, indem sie die Tarife geheimhalten, zu denen die grossen Produktionsgesellschaften den Strom an die kleineren Werke weiterverkaufen.[46]

Nach wie vor wird zur Festlegung der Tarife im Grundsatz eine Mischrechnung verwendet, die dem Verbraucher die durchschnittlichen Produktions- und Verteilkosten aus den alten und den neuen Anlage belastet. Vollkostentarifierung nennt man das. Solange die Energiepreise, die Produktions- und die Verbrauchsstruktur stabil blieben, ging das gut. Doch die Zeiten ändern sich. Heute ist Winterelektrizität aus neuen Anlagen rund dreimal so teuer wie aus alten. Da führen die Mischtarife bei einem Ansteigen des Verbrauchs, wie wir an den Beispielen gesehen haben, zu einer sehr ungünstigen Entwicklung. Immer mehr Kritiker fordern deshalb eine sogenannte Grenzkostentarifierung: Die Unterschiede zwischen den Tarifen sollten sich nicht nach den mittleren Stromkosten, sondern nach den unterschiedlichen Kosten von Elektrizität aus neuen Anlagen richten. Aus marktwirtschaftlichen Ueberlegungen fordern deshalb z.B. Samuel Mauch und Walter Ott vom Zürcher Planungsbüro Infras,[47] dass vor allem die Nachttarife im Winter stark angehoben und unterschiedliche Preise für Sommer und Winter eingeführt werden. Bei der heutigen Zusammensetzung der schweizerischen Kraftwerke ist eine Unterscheidung zwischen der warmen und der kalten Jahreszeit offenbar wichtiger als die zwischen Tag und Nacht.

Dringend notwendig ist es ausserdem, Regelungen abzuschaffen, die den erhöhten Stromverbrauch belohnen. Vielfach wird die Forderung erhoben, dass die doch schliesslich zum grössten Teil in öffentlicher Hand befindlichen Elektrizitätswerke sogenannte progressive Tarife einführen, bei denen der Strompreis mit zunehmen-

dem Verbrauch ansteigt, anstatt abzunehmen. Der VSE (Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke) hat dazu einen Bericht ausgearbeitet. Er kommt zum Schluss, "dass progressive Tarife schwerwiegende Nachteile besitzen. Insbesondere ist zu erwähnen, dass ein Hauptanliegen der Schweiz, nämlich die Verminderung der einseitigen Erdölabhängigkeit der Schweiz, mit der Einführung solcher Tarife behindert würde."[48] Die Elektrizitätswirtschaft fährt also stur weiterhin auf Expansionskurs. Dass die Substitution von Erdöl durch Atomstrom unsinnig ist, soll im nächsten Kapitel gezeigt werden.

Wie sich der Strompreis zusammensetzt

Die 11 oder 12 Rappen, die der Strom aus Leibstadt kosten soll, mag vielen gar nicht so sonderlich hoch scheinen, denn die Tarife, die wir zahlen, liegen um einiges höher. Doch die Produktion der Elektrizität macht nur einen Teil des Preises aus, der Strom muss auch verteilt und verkauft werden.

1981 wurden in der Schweiz insgesamt 4,4 Milliarden Franken für Elektrizität ausgegeben - das sind 2,3 Prozent des Bruttosozialprodukts. Bei einem Verbrauch von 36,2 Milliarden Kilowattstunden macht das 12,2 Rappen pro kWh. Für die Haushalte lag der Strompreis wegen der höheren Verteilkosten mit 16 Rappen jedoch höher.

Je nach Region können die Tarife der rund 1200 schweizerischen Elektrizitätswerke recht unterschiedlich sein, auch wenn der allergrösste Teil des Stroms von wenigen grossen Werken hergestellt wird, die ihn dann weiterverkaufen. 1981 setzten sich die Strompreise im Durchschnitt wie folgt zusammen:

Tab. 4.4.

STRUKTUR DER SCHWEIZERISCHEN ELEKTRIZITAETSKOSTEN
(Schätzung 1981)

	Haushalte (1)	Wirtschaft (Industrie, Verkehr, Gewerbe, Landwirtschaft und Dienstleistungen) (2)	Gesamtdurchschnitt (3)	
	Rp/kWh	Rp/kWh	Rp/kWh	%
Produktion	6,0	5,5	5,6	46
Uebertragung	2,5	2,0	2,1	17
Verteilung	5,0	3,0	3,5	29
Abnehmerabhängige Kosten	2,5	0,5	1,0	8
Total	16,0 (Gewicht 1/4)	11,0 (Gewicht 3/4)	12,2	100

Quelle: Maag (1983)

Die hohen Kosten für Uebertragung und Verteilung mögen erstaunen, denn von den entsprechenden Investitionen ist seltener die Rede. Hier wirkt sich aus, dass Hochspannungsleitungen, Tranformatorenstationen, Kabelnetze und was es da alles braucht, viel schneller ersetzt werden müssen als die herkömmlichen Kraftwerke. Unter den abnehmerabhängigen Kosten sind Aufwendungen für Zähler, Ablesen, Kontrollen, Rechnungsstellung und Kundenberatung zu verstehen.[49]

5. Wärmemarkt: Atom statt Öl?

Waldsterben und Treibhauseffekt: Wir müssen schnell handeln!

Die Lage ist ernst. Unter unseren Augen sterben die Wälder. Innerhalb kürzester Zeit wird sichtbar, was die jahrelange Umweltbelastung in der Natur angerichtet hat. Die vielleicht bisher schwerwiegendste ökologische Katastrophe in Europa droht unsere Landschaft innerhalb von wenigen Jahren tiefgreifend zu verändern und damit auch den Wasserhaushalt, das Klima, unseren Lebensraum. Auch jene unbedachten Manager, die sich bislang wenig um die Natur geschert haben, werden die wirtschaftlichen Folgen dieser Zerstörung zur Kenntnis nehmen müssen: schon heute in der Holzwirtschaft, später in der Landwirtschaft, beim Kampf gegen Erosionsschäden, im Tourismus... Schuld an diesen Schäden - das wurde in den letzten Monaten deutlich - sind weniger qualmende Kraftwerke und Fabriken im Ausland, sondern vielmehr Autoabgase und Kamine hier in der Schweiz, Stickoxide und Schwefeldioxid aus der Verbrennung von Erdöl, Kohle und Erdgas.

Wollen wir vermeiden, dass unsere Landschaft zu einer öden Steppe wird, so wie die einst prächtigen böhmischen Wälder, dann müssen diese Belastungen innerhalb weniger Jahre drastisch gesenkt werden. Mit Tempolimiten, Katalysatoren für die Autos und einer Senkung des Schwefelgehalts im Heizöl lässt sich sicher einiges erreichen. Doch letztlich muss der Konsum von fossilen Brennstoffen weiter gesenkt werden.

Dies ist weltweit vor allem auch wegen einer zweiten Umweltgefahr notwendig, die weniger offensichtlich, aber umso bedrohlicher ist: Der Treibhauseffekt. Neben Wasserdampf entsteht bei der Verbrennung vor allem das gasförmige Kohlendioxid (CO_2). Kein Filter kann diese Mengen wirtschaftlich zurückhalten. Indem die heutige Menschheit innerhalb weniger Jahrzehnte die Kohlenstoffablagerungen von

Jahrmillionen wieder in die Atmosphäre bringt, steigt der CO_2-Gehalt der Luft merklich an. Das behindert die Abstrahlung von Wärme in den Weltraum, die Erde heizt sich auf, wie ein Gewächshaus in der Sonne. Zwischen 1860 und 1980 stieg der Verbrauch fossiler Brennstoffe im Durchschnitt jährlich um 3,4 %. Wenn dieser Anstieg auch mit nur einem Prozent jährlich weitergeht, so wird sich der Anteil des CO_2 in der Atmosphäre vor dem Ende des nächsten Jahrhunderts verdoppelt haben. Das hätte nach heutigen Schätzungen eine Erhöhung der Durchschnittstemperatur um 1,5 bis 3 Grad zur Folge, wobei die Erwärmung je nach Gegend sehr unterschiedlich wäre. Die Niederschläge würden sich ändern und die Klimazonen stark verschieben.[1]

Vor diesem Hintergrund preisen die professionellen Befürworter heute wieder vermehrt die Atomenergie als rettende Alternative an. So schrieb in ihrem kürzlichen Aufruf "Kernenergie als Mittel gegen Klimakatstrophe und Waldsterben" die Schweizerische Vereinigung für Atomenergie feierlich: "Die SVA ruft die Politiker und die Umweltorganisationen auf, ihr bisheriges energiepolitisches Zaudern aufzugeben, den wichtigen Beitrag der Kernkraftwerke zum Schutze der Umwelt anzuerkennen und sich darüber Rechenschaft abzulegen, dass ein Verzicht auf die Kernenergie einem unverantwortlichen Verzicht auf einen aktiven Umweltschutz gleichkäme"[2]. Das ist ein Verwirrspiel mit falschen Alternativen. Auch wenn man ehrlich der Ansicht ist, dass die Atomenergie die Umwelt weniger gefährdet: aus wirtschaftlichen und technischen Gründen ist sie für eine wirksame Senkung des Verbrauchs an fossilen Brennstoffen denkbar ungeeignet. Sie ist nur sehr begrenzt einsetzbar, viel zu teuer und zu träge. Indem sie riesige Geldmittel für sich beansprucht und Strukturen schafft, die zur Verschwendung führen, behindert sie andere Massnahmen, die wirkungsvoll sind.

Dies wird von einer Reihe von anerkannten Studien bestätigt (siehe Kap. 8). Besonders deutlich zeigen die 1980 vorgelegten Energieszenarien der Enquête-Kommission des deutschen Bundestages, dass es im Grund um die Entscheidung geht, ob die schliesslich beschränkten Gelder in die Produktion oder in die Einsparung von Energie investiert werden: Je mehr Atomenergie eingesetzt wird, desto höher ist auch der Verbrauch an fossilen Brennstoffen (siehe Tab. 5.1.).[3]

Tab. 5.1.

ATOMSTROM FOERDERT ENERGIEVERSCHWENDUNG

Die vier Pfade der Enquête-Kommission des Deutschen Bundestages

		PFAD 1		PFAD 2		PFAD 3		PFAD 4	
Charakterisierung									
Wirtschaftswachstum									
- vor 2000		3,3%		2,0		2,0%		2,0	
- nach 2000		1,4%		1,1%		1,1%		1,1%	
Strukturwandel in der Wirtschaft		mittel		mittel		stark		stark	
Wachstum der Grundstoffindustrie		wie BSP/2		wie BSP/2		Null		Null	
Energieeinsparungen		Trend		stark		sehr stark		extrem	
*)	1978	2000	2030	2000	2030	2000	2030	2000	2030
Nachfrageseite									
Primärenergiebedarf	390	600	800	445	550	375	360	345	310
Energiebedarf	260	365	446	298	317	265	250	245	210
Strombedarf**)	36	92	124	47	57	39	42	36	37
Nicht-energetischer Verbrauch	32	50	67	43	52	34	34	34	34
Angebotsseite									
Stein- und Braunkohle	105	175	210	145	160	145	160	130	145
Erdöl und Erdgas	265	250	250	190	130	190	130	165	65
Kernenergie in GWe	10	77	165	40	120	0	0	0	0
- davon Brutreaktoren	-	-	84	-	54	-	-	-	-
Regenerative En-quellen	8	40	50	40	50	40	70	50	100
Sonstiges									
Kohlenverstromung	65	80	80	29	22	76	77	52	33
Synth.Erdgas aus Kohle	-	18	50	18	56	-	-	-	-
Stromanteil in %									
- an der Raumwärme	3	14	17	5	7	3	2	2	0
- an der Prozesswärme	7	19	17	8	8	8	8	7	6
Natururanbedarf, in 1000 t kumuliert		bis 2030		bis 2030					
- ohne Wiederaufbereitg.		650		425					
- mit Brutreaktoren		390		225					

*) Wenn nicht anders angegeben, beziehen sich alle Werte auf Millionen t SKE.
**) Der Strombedarf bezieht sich auf den Endenergiebedarf an Strom, nicht auf die Bruttostromerzeugung. Er ist hier in Millionen t SKE angegeben. 1 Million t SKE Strombedarf entspricht 8.13 TWh.

Quelle: Enquête-Kommission (1980)

Atomstrom für die Wärmeversorgung: Die Rechnung kann nie aufgehen

"Weg vom Oel" heisst schon seit 1973 die Parole. Damals wurde der Oeffentlichkeit plötzlich klar, wie abhängig unser Land von Energieimporten ist, wie stark unsere Volkswirtschaft, unser Transportwesen, ja unsere warme Stube von unvorhersehbaren politischen Entwicklungen in fernen Ländern abhängen. Erschreckt nahm die Welt zur Kenntnis, wie verletzbar unsere Industriegesellschaften sind. Schon damals empfahl sich die Atomenergie als Retter in der Not. Man kreierte das Schlagwort "Substitution", Ersatz von Erdöl also, und erweckte in der Oeffentlichkeit den Eindruck, die Atomenergie könne einen wesentlichen Beitrag leisten, uns aus der unangenehmen Erdölabhängigkeit zu befreien. Der allergrösste Teil der Forschungsausgaben im Energiebereich ist seit Jahren der Atomenergie gewidmet. Breite Kreise der Bevölkerung sowie viele Politiker und Führungskräfte in der Wirtschaft sind ehrlicherweise der Meinung, der Atomstrom sei wichtig für unsere Unabhängigkeit. Angesichts der Tatsachen muss man dies als eine ganz ausserordentliche Leistung der Werbe- und Propagandaanstrengungen bezeichnen. Zwei einfache Betrachtungen zeigen, warum der Atomstrom das Erdöl und die anderen fossilen Brennstoffe nicht nennenswert ersetzen kann.

Zunächst einmal die Grössenordnungen. Die Elektrizität insgesamt machte 1982 nur knapp zwanzig Prozent des Endenergieverbrauchs der Schweiz aus. Die Atomkraftwerke steuerten, weil sie vor allem für den Export produzierten, ganze 0,95 Prozent bei. Auch wenn man den Exportüberschuss und den Aufwand für die Pumpspeicherwerke allen Kraftwerkstypen gleichmässig anlasten würde, liesse sich nur ein Beitrag zum Endenergieverbrauch von 5,4 Prozent errechnen.[4]

Rechnen wir einmal, wieviele Atomkraftwerke notwendig wären, um einen wesentlichen Teil der fossilen Brennstoffe zu ersetzen. Im Verkehrsbereich ist eine Substitution der flüssigen Treibstoffe durch Elektrizität vorderhand kaum möglich. Die dringend notwendige Verlagerung auf den öffentlichen Verkehr könnte viel Oel einsparen und würde nur sehr wenig zusätzliche Elektrizität bei den Bahnen erfordern. Klammern wir diesen Bereich, der immerhin 34 Prozent der fossilen Brennstoffe verpufft, einmal aus. Dann bleiben noch 330 Petajoule Endenergie

fossilen Ursprungs, im wesentlichen Heizöl, Erdgas und Kohle.[5] Schätzungsweise 60 Prozent davon werden für Heizzwecke verwendet und in den kalten Wintermonaten benötigt, der restliche Verbrauch verteilt sich über das ganze Jahr.[6] Der grösste Teil des Heizenergiebedarfs fällt innerhalb von wenigen Wochen an. Wollte man auch während kurzer Kälteperioden nur mit Strom heizen, so wären viele Atomkraftwerke nötig, die nur wenige Tage im Jahr laufen. Nehmen wir deshalb einmal an, dass zur Deckung der Bedarfsspitzen weiterhin ein Fünftel der verbliebenen 330 Petajoule durch fossile Brennstoffe geliefert wird. Das bedeutet, dass der grösste Teil der Gebäude neben der elektrischen Heizung wie bisher eine Oelheizung benötigt. Gehen wir vereinfachend weiter davon aus, dass die übrige Heizenergie gleichmässig verteilt über vier Monate verwendet wird. Das ist eine sehr zurückhaltende Annahme, die Bedarfsschwankungen würden wohl eher noch eine grössere Kraftwerkskapazität erfordern. In den vier kalten Monaten müssten dann 176 PJ in Form von Elektrizität (49 Milliarden kWh) bereitgestellt werden. Dazu kommen noch 8 % Uebertragungs- und Verteilverluste. Wenn die Atomkraftwerke so gut laufen würden, wie es die Betreiber von Leibstadt entgegen den internationalen Erfahrungen hoffen, dann wären dazu 21 Kernkraftwerke von der Grösse Leibstadts erforderlich.[7] Zusätzlich ist eine Reservekapazität von fünf weiteren solchen Kraftwerken notwendig.[8] Man würde also 26 (sechsundzwanzig!) Kernkraftwerke vom Typ Leibstadt bauen müssen, um nur 53 Prozent der heute verbrauchten fossilen Brennstoffe mit Hilfe von elektrischen Widerstandsheizungen zu ersetzen.

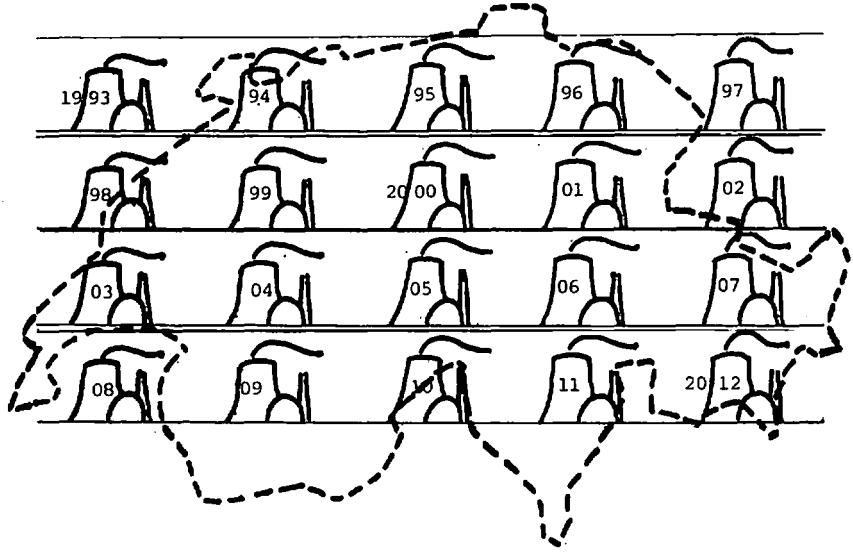
Durch den Einsatz von elektrischen Wärmepumpen, die aus der Umgebung, vor allem Luft und Erdreich, Wärme gewinnen können, liesse sich der Heizstrom-Bedarf senken. Doch besonders in städtischen Gebieten sind nicht alle Gebäude dafür geeignet und gerade wenn es besonders kalt ist, fällt die Stromeinsparung geringer aus als in den Uebergangsperioden. Selbst wenn für die Hälfte der Heizleistung Wärmepumpen installiert würden, wären immer noch 20 Atomkraftwerke zum Ersatz der Hälfte der fossilen Brennstoffe erforderlich.[9]

Dazu kämen dann noch entsprechend viele Hochspannungsleitungen, Umspannwerke, Kabelnetze. Auch in Serienproduktion würde es wohl acht Jahre dauern, bis ein Atomkraftwerk gebaut ist, dazu kommen noch mehrere Jahre für Standortabklärung und Vorausplanung. Selbst wenn die Schweiz in einem beispiellosen Kraftakt jedes Jahr ein solches Projekt mit all seinen Zusatzinvestitionen in Angriff nehmen würde - was zur Folge hätte, dass sicher kein Geld mehr für andere Investitionen im Energiebereich übrig bliebe - dann wären im Jahr 2000 erst 8 dieser Anlagen in Betrieb. Auch mit Hilfe von Wärmepumpen könnten sie nicht einmal ein Viertel der heute verbrauchten fossilen Brennstoffe ersetzen, dabei sind die beachtlichen

Energiemengen, die notwendig sind, um gleichzeitig so viele neue Atomkraftwerke zu bauen, noch nicht eingerechnet. Bis dahin aber wären die Wälder schon lange tot. Ganz abgesehen von der politischen und wirtschaftlichen Unmöglichkeit eines solchen Programms: die Atomenergie ist viel zu schwerfällig, um innert nützlicher Frist Abhilfe zu schaffen.

Abb. 5.1.

20 ATOMKRAFTWERKE
würde es brauchen um die Hälfte der fossilen Brennstoffe durch Atomstrom zu ersetzen

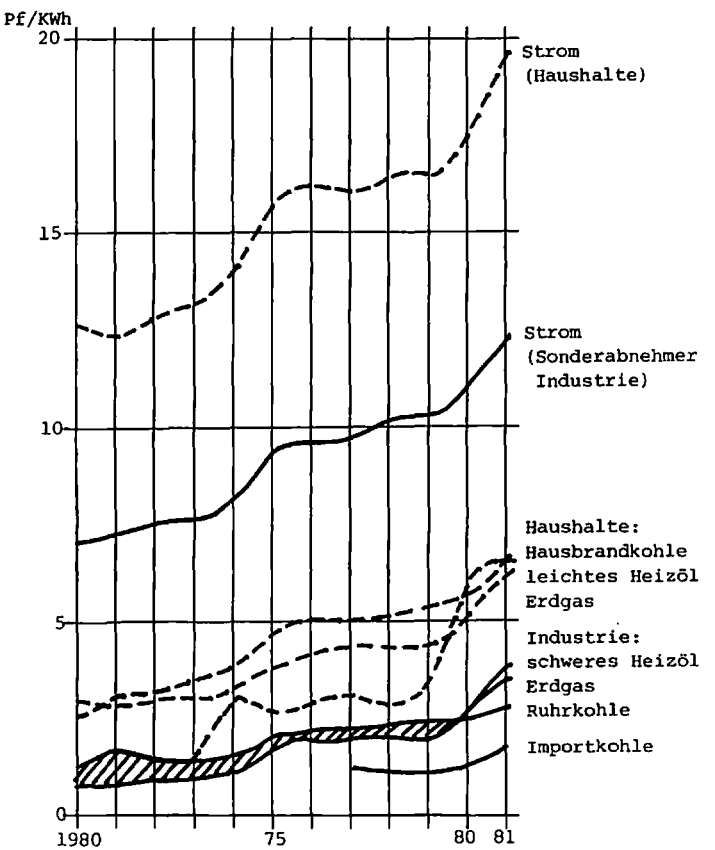


Zweitens ist der Atomstrom viel zu teuer, um damit Wärme zu erzeugen. Elektrizität ist eine sehr hochwertige Energieform. Aus physikalischen Gründen lässt sich in einem thermischen Kraftwerk (Wärmekraftwerk) nie alle eingesetzte Wärme in Strom verwandeln. Bei den grossen Kohle- und Oelkraftwerken kann man rund vierzig Prozent in Elektrizität umsetzen, in Atomkraftwerken verpuffen gar zwei Drittel der aus dem Kernreaktor stammenden Wärme durch den Kühlturm. Wählt man also zur Bereitstellung von Wärme den Umweg über die Elektrizität, so

muss man mit den dreifachen Kosten gegenüber der direkt genutzten Wärme rechnen. In den sechziger Jahren hatte man gehofft, dass die Wärme aus Atomreaktoren so billig wird, dass der daraus gewonnene Strom auch zum Heizen wirtschaftlich interessant wird. Doch wie wir gesehen haben, sind die Träume verflogen, der Atomstrom ist weit entfernt davon, dreimal weniger zu kosten als Elektrizität aus Kohle oder Oel.

Abb. 5.2.

STROM IST TEUER:
Zeitliche Entwicklung der Endenergiepreise für Haushalte und Industrie in der Bundesrepublik



Quelle: Traube/Ullrich (1982)

In unserem mit billiger Wasserkraft gesegneten Land zahlt der durchschnittliche Verbraucher heute für den Haushaltstrom noch 16 Rappen pro Kilowattstunde.[10] Die Elektrizität aus Leibstadt wird, in die Haushalte verteilt, im Jahresdurchschnitt einiges mehr als 21 Rappen kosten (mehr als 11 Rappen für die Produktion, mehr als 10 Rappen für Uebertragung, Verteilung und abnehmerabhängige Kosten). Verwendet man sie zur Substitution, so wird sie vor allem im Winter gebraucht und kommt wegen der schlecht verkäuflichen Sommerüberschüsse noch einmal um einiges teurer. Die gleiche Energiemenge in Form von Heizöl extraleicht ist viel günstiger: nachdem die Preise in der letzten Zeit wieder leicht gesunken sind, musste man im November 1983 nur 5,7 Rappen dafür zahlen.[11]

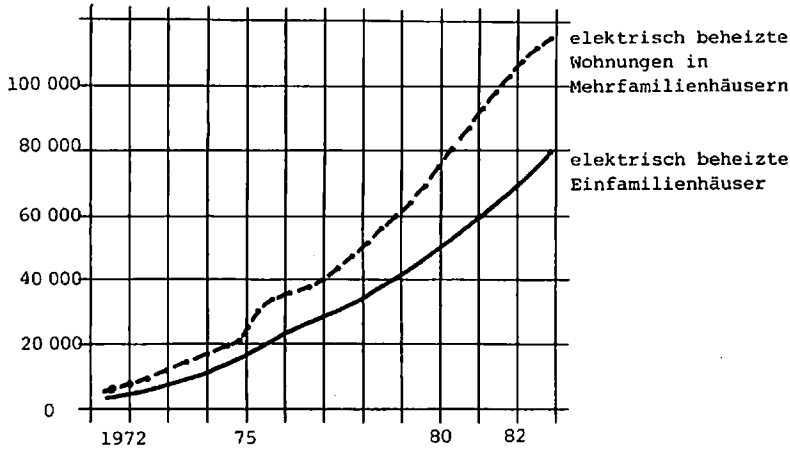
In grossem Ausmass das Erdöl durch Atomstrom zu ersetzen, ist also offensichtlich unmöglich. Im Ernst schlägt das auch niemand in diesem Umfang vor. Und doch wird immer wieder auf die Wichtigkeit der Erdölsubstitution hingewiesen, und trotzdem wurde die elektrische Raumheizung in den letzten Jahren stark ausgebaut. 1978 schrieb die GEK in ihrem Schlussbericht: "Die Zurückhaltung der Elektrizitätswerke, auch im Wärmesektor eine Rolle zu spielen, ist zum Teil gewichen. Die Einsicht, sich dieser Aufgabe trotz allfälliger Beeinträchtigung der Wirtschaftlichkeit des eigenen Werkes nicht entziehen zu können, und das Bestreben, das laufende Kernkraftwerk-Bauprogramm besser verteidigen zu können, haben bei vielen Werken zu einer erhöhten Bereitschaft zum Anschluss von Elektroheizungen geführt."[12] Die Kosten für dieses Manöver zahlen wir alle über den Strompreis.

Noch zu Beginn der Heizperiode 1969/70 gab es in der Schweiz nur 2500 elektrisch beheizte Wohnungen, vorwiegend in Ferienhäusern. Durch günstige Tarife, Werbekampagnen und die Angst vor der Oelabhängigkeit kräftig gefördert, hat ihre Zahl seither stark zugenommen. Im Winter 82/83 waren es rund 115'000, vier Prozent aller Wohnungen in der Schweiz.[13] Nur etwa 5000 dieser Stromheizungen waren Wärmepumpen. Ganz erfüllt haben sich damit die Voraussagen der Elektrizitätswirtschaft nicht: "Zur Substitution des Erdöls eignet sich in erster Linie die elektrische Energie, in gewissem Ausmass auch das Erdgas und die Sonnenenergie", schrieb der VSE 1976 und sah vor, im Winter 84/85 230'000 bis 350'000 Wohnungen elektrisch zu beheizen.[14] Die GEK rechnete für diesen Zeitpunkt bescheidener mit 170'000. Nach jährlichen Zuwachsraten von über 20 Prozent beginnt heute die Kurve abzuflachen. In vielen Netzteilen sind die Leitungen nun auch nachts voll ausgelastet. Bei den Bernischen Kraftwerken wird im Winter in der Nacht am meisten Strom verbraucht, die durch die Elektroheizung verursachten Belastungsspitzen zur Niedertarifzeit müssen inzwischen mit wertvoller Speicherenergie

abgedeckt werden. 1982 bewilligten die BKW nur noch halb so viel Elektroheizungen wie im Jahr zuvor und Anfang 1984 erklärte Direktionspräsident von Werdt, das Strompotential für Elektrospeicherheizungen sei "allmählich ausgeschöpft"[15]. Auch bei den Nordostschweizer Kraftwerken NOK hat das Heizen mit Strom zu nächtlichen Bedarfsspitzen geführt. Allgemein ist die Elektrizitätswirtschaft deshalb

Abb. 5.3.

ELEKTROHEIZUNGEN:
Die grosse Verschwendung



Quelle: VSE Geschäftsbericht 1982

heute gegenüber den Elektroheizungen wesentlich zurückhaltender geworden und beginnt, die Nachttarife stärker anzuheben.[16]

Solange kein zusätzlicher Netzausbau notwendig wird, sieht die Kostenrechnung für die Substitution etwas günstiger aus. In seinem 10-Werke-Bericht schätzte der VSE, dass "ohne wesentliche Mehrinvestitionen im Verteilnetz" der Wärmebedarf von 15 % der Bevölkerung durch Elektrizität gedeckt werden könnte[17]. Was hier "wesentlich" heisst, ist für Aussenstehende schwer abzuschätzen. Bisher für notwendig erachtete Reservekapazitäten wurden hier offenbar eingerechnet. Die neuerliche

Zurückhaltung vieler Werke lässt vermuten, dass diese Abschätzung des Verbandes eher zu hoch gegriffen war - der Zweck des Berichts war schliesslich der Bedarfsnachweis für weitere Atomkraftwerke. Für den Winter 1984/85 rechnet der VSE in diesem Dokument damit, dass 2,3 Milliarden Kilowattstunden zur Substitution eingesetzt werden - das ist mehr als der schweizerische Anteil an der Winterproduktion von Kaiseraugst (2,2 Mrd. kWh).[18] Ausser der Raumheizung sind da auch elektrische Boiler und andere Massnahmen mitgerechnet. Nicht enthalten in dieser Zahl ist die sogenannte "natürliche Substitution", über die keine Angaben gemacht werden.

Obwohl mit diesem Ersatz von Erdöl durch Elektrizität Atomkraftwerke gerechtfertigt werden, sind sich die kompetenten Stellen im klaren, dass die Erdölabhängigkeit dadurch kaum vermindert wird. Die Widersprüchlichkeit der Argumentation zeigt sich vielleicht am deutlichsten im Schlussbericht der GEK. Sie schlug 1978 noch eine Substitution von 4.1 Mrd kWh für 1985 und von 10,5 bis 13,5 Mrd kWh für das Jahr 2000 vor und schrieb dazu: "An und für sich sind dies substantielle Zahlen. Sie entsprechen 10,2 % des Elektrizitätsbedarfs im Jahre 1985 und zwischen 16,8 % und 25,9 % des Bedarfs im Jahr 2000. Im Vergleich zum gesamten Endenergiebedarf zeigt sich jedoch, dass die gesamte Substitution durch Elektrizität im Jahr 2000 je nach Szenarium nur 3,7 bis 6,3 % ausmacht. Der Ersatz des Erdöls durch Elektrizität verändert demnach die Modal Splits nicht sehr stark. Mit anderen Worten: Der Beitrag, den der Ersatz des Erdöls durch Elektrizität resp. durch Kernenergie an die Gewichtsverteilung unter den Energieträgern leistet, ist nach dem Konzept der Kommission nicht ausschlaggebend." Obwohl die von ihr favorisierte Variante mit 13,4 Mrd. kWh soviel Strom für die Substitution vorsieht, wie Mühleberg, Gösgen und Leibstadt zusammen produzieren werden, heisst es dreist im nächsten Satz "Kernenergie wird zur Ablösung von Erdöl nicht forciert"[19].

Kaiseraugst für die Elektroheizung

Die überrissenen langfristigen Perspektiven der GEK sind passé, doch das Argumentationsmuster bleibt für die nächsten Jahre dasselbe. In seiner Botschaft zur Rahmenbewilligung für Kaiseraugst sieht der Bundesrat vor, dass bis 1990 rund neun Prozent des gesamten Winter-Elektrizitätsbedarfs für die Substitution eingesetzt wird, das wären 2,3 Milliarden Kilowattstunden, also mehr als die Winterproduktion von Kaiseraugst (Schweizer Anteil: 2,15 Mrd. kWh). Damit liessen sich gemäss Botschaft ja nach der Zahl der eingesetzten Wärmepumpen 350'000 bis 400'000 Tonnen Erdöl einsparen, das heisst 3 bis 3,5 Prozent des heutigen Verbrauchs. Ueber 85 % dieser Substitution entfällt auf den Sektor Raumheizung und Warmwasserbereitung. Nicht mitgerechnet wurden dabei die 1980 bereits installierten Elektroheizungen, die pro Winter noch einmal 1,0 Mrd. kWh konsumieren.[20] Kaiseraugst soll nach den Vorstellungen des Bundesrates also nur für die Elektroheizungen gebaut werden.

Was ein solches Abenteuer die Schweiz schlussendlich kosten würde, lässt sich nur schwer abschätzen, da allzu viele Faktoren unsicher sind. Vor allem ist unklar, wie teuer der Strom aus einem fertiggestellten Atomkraftwerk Kaiseraugst schliesslich wäre. Heute werden Zahlen von 15 Rappen pro Kilowattstunde genannt, erinnern wir uns jedoch daran, dass die Studie von Franke und Viefhues auf 23 Pfennig pro Kilowattstunde aus neuen Atomkraftwerken im Jahr 89/90 kommt, dann ergibt sich eine andere Rechnung (siehe Kapitel 3). Ausserdem ist schwer abzuschätzen, zu welchen Preisen überschüssige Elektrizität - wenn überhaupt - dannzumal auf dem europäischen Strommarkt verkauft werden kann.

Gehen wir deshalb einmal von den heutigen Zahlen aus. Weil der Oelpreis gegenwärtig bei 5,7 Rappen pro Kilowattstunde liegt[21], darf der Strompreis für die Heizung - auch in Anbetracht der unterschiedlichen Anlagekosten und eines gewissen Anteils von Wärmepumpen - sicher nicht über 8,5 Rappen pro kWh liegen, wenn die Elektroheizung wirtschaftlich sein soll. Von diesem möglichen Erlös gehen trotz Ausnutzung der sogenannten Nachttäler (der herkömmlichen geringeren Kapazitätsauslastung während der Nacht) schätzungsweise 5 Rappen für Uebertragung, Verteilung und abnehmerabhängige Kosten ab (für Haushalte betragen diese

Kosten sonst im Durchschnitt 10 Rappen). Somit bleibt rechnerisch für das Kraftwerk ein Erlös von nur 3,5 Rappen pro Kilowattstunde - gleichviel, wie wenn der Strom zu 4 Rappen exportiert würde.[22]

Andersherum kann man berechnen, dass eine Kilowattstunde Heizstrom tatsächlich auf etwa 24,8 Rappen zu stehen kommt (siehe Tabelle 5.2.). Denn für die Raumheizung kann höchstens 3000 Stunden im Jahr Strom produziert werden, in der restlichen Zeit läuft das Atomkraftwerk für den Export. Und da sind besonders im Sommer die Preise schlecht. Die letzten rudimentären Zahlen sind für 1981 verfügbar.[23] Der Durchschnittserlös aus dem Export betrug über das ganze Jahr 7 Rappen, im Sommer 5. Inzwischen hat die französische Exportoffensive die Preise stark gedrückt.[24] Ausserdem hat die Schweiz immer hochwertigen Spitzenstrom exportiert, die Durchschnittspreise liegen tiefer. Mit Durchschnittspreisen muss aber hier gerechnet werden, denn eine "Veredelung" des Atomstroms mit Speicherseen und Pumpspeicherkraftwerken kostet wieder zusätzlich. Es scheint also durchaus gerechtfertigt, längerfristig von einem Exporterlös von 4 Rappen pro Kilowattstunde auszugehen.

Tab. 5.2.

WAS DER HEIZSTROM AUS NEUEN ATOMKRAFTWERKEN HEUTE KOSTET

1000 MW-Kraftwerk
3000 Betriebsstunden für Heizstrom
3500 Betriebsstunden für den Export

Produktionskosten 6,5 Mrd kWh à 11 Rappen	715	Mio Fr.
Exporterlös 3,5 Mrd kWh à 4 Rappen	-140	Mio Fr.
Hochspannungsübertragung Export 3,5 Mrd kWh à 0,5 Rappen	17,5	Mio Fr.
Uebertragung und Verteilung Heizstrom 3 Mrd kWh à 5 Rappen	150	Mio Fr.
Kosten von 3 Mrd kWh Heizstrom, verteilt	747,5	Mio Fr.
Kosten des Heizstroms beim Konsumenten	24,9	Rappen/kWh
Konkurrenzfähiger Strompreis für die Substitution höchstens	8,5	Rappen/kWh
volkswirtschaftlicher Verlust pro verheizte Kilowattstunde:	16,4	Rappen

Für jede verheizte Kilowattstunde aus neuen Atomkraftwerken entsteht also ein Verlust von 16,4 Rappen, den wir letztlich alle über die Stromtarife zahlen. Das bundesrätliche Substitutionsprogramm würde also - mit heutigen Zahlen gerechnet - im Winter 1989/90 etwa 379 Millionen Franken kosten (2,31 Mrd kWh Substitution). Für das Atomkraftwerk Kaiseraugst ergibt sich so gerechnet ein Verlust von jährlich 353 Millionen.

Tatsächlich aber werden wegen der starken Kostensteigerungen beim Atomstrom die volkswirtschatlichen Verluste bis dann wesentlich höher sein. Folgt man den Kostenschätzungen für den Atomstrom von Franke/Viefhues, dann scheint es durchaus nicht unwahrscheinlich, dass die vom Bundesrat vorgesehene Substitution von 3,5 Prozent des heutigen Erdölverbrauchs pro Winter rund 700 Millionen Franken kostet, fast so viel wie das vielbeklagte Defizit der Eidgenossenschaft (1983: 855 Millionen).[25]

Nukleare Fernheizung: Teurer Sachzwang zur Verschwendung

Jahrelang hat die Elektrizitätswirtschaft in der Schweiz vor allem die elektrische Speicherheizung (Widerstandsheizung) propagiert, die mit Nachtstrom aufgeladen werden kann. Nur etwa fünf Prozent aller elektrischen Heizanlagen sind heute Wärmepumpen.

Mit elektrischen Wärmepumpen lässt sich der eingesetzte Heizstrom zwei- bis dreimal so gut nutzen, wie mit den üblichen Widerstandsheizungen. Nach dem Prinzip des Kühlschranks entziehen diese Geräte der Umgebung Wärme und "pumpen" sie auf ein höheres Temperaturniveau, so dass sie für die Raumheizung nutzbar wird. Mit Atomstrom betrieben, können die nicht ganz billigen Wärmepumpen der Umgebung knapp so viel Wärme entziehen, wie gleichzeitig bei der

Produktion des benötigten Stromes im Kraftwerk durch den Kühlturm verpufft. Obwohl sie vorwiegend während des Tages betrieben werden müssen, sind sie bei den heutigen Tarifen in vielen Fällen noch wirtschaftlich. In dem Masse, wie die Nachttäler langsam aufgefüllt werden, gibt die Elektrizitätswirtschaft ihre starke Zurückhaltung und ihre technischen Vorbehalte gegenüber dieser sparsameren Technik heute auf und sieht hier eine neue Möglichkeit.[26] Im Substitutionsprogramm des Bundesrates wurde vorgesehen, dass 1990 fünf bis zehn Prozent der Substitutionselektrizität in Wärmepumpen verbraucht wird - immer noch ein kleiner Anteil.

In der Bundesrepublik, wo die verschwenderischen Widerstandsheizungen für einen breiten Einsatz nie ernsthaft zur Debatte standen, hat die Elektrizitätswirtschaft ab 1980 versucht, mit einer grossangelegten Kampagne für elektrische Wärmepumpen in den Wärmemarkt einzudringen. Vor allem wegen der steigenden Strompreise scheiterte diese Strategie; zehntausende von Geräten bleiben unverkauft liegen.

Wesentlich sinnvoller und chancenreicher sind heute Wärmepumpen, die nicht mit Elektro-, sondern mit Gas- oder Dieselmotoren angetrieben werden. Weil hier ausser der Umweltwärme auch die Motorabwärme zum Heizen verwendet werden kann, ist die Energieausnützung etwa doppelt so gut wie bei einer atomstromgetriebenen Elektrowärmepumpe oder einer herkömmlichen Kesselheizung. Die Leistung solcher Aggregate ist allerdings für einzelne Einfamilienhäuser zu gross. Sie können ähnlich eingesetzt werden wie Blockheizkraftwerke (siehe Kapitel 6).

Auch die Befürworter der Atomenergie sind sich langsam im klaren darüber, dass die Rechnung mit der Stromheizung nicht aufgeht, dass schon bald beträchtliche Investitionen in das Leitungsnetz notwendig werden, um die Elektrifizierung der Raumheizung weiter voranzutreiben, und dass die Oeffentlichkeit für diese unsinnige Verschwendung immer schwerer zu gewinnen ist. Deshalb wird seit einiger Zeit die Idee von der nuklearen Fernheizung wieder stärker ins Gespräch gebracht.

Aus den Atomkraftwerken soll nutzlose Abwärme und ein kleiner Anteil Heissdampf abgezweigt und in grosse Fernheiznetze eingespeist werden. "Ein solches Vorhaben ist bei den heutigen Oelpreisen völlig konkurrenzfähig", meinte kürzlich Kurt Küffer, Direktor der Nordostschweizerischen Kraftwerke (NOK) in einem Gespräch mit der Weltwoche[27]. "Von den bestehenden KKW Beznau, Gösgen, Mühleberg und bald Leibstadt aus könnte also ein beträchtliches Heiznetz gespiesen werden, das 10 bis 15 Prozent des schweizerischen Wärmebedarfs deckt. Der dadurch entstehende Verlust an elektrischer Energie entspricht, da auch die

Abwärme maximal genutzt wird, nicht einmal einem halben neuen KKW". Weitere Möglichkeiten, so Küffer, böten sodann reine Heizreaktoren für die Wärmeversorgung der grossen Zentren. Solch hochfliegende Pläne werden seit vielen Jahren auf Sparflamme weiterverfolgt, heute scheinen sie politisch wieder interessant.

Wirtschaftlich gesehen ist Fernwärme aus Atomkraftwerken ein Unding. Weil sie aus Sicherheitsgründen zum Glück nicht mitten in Ballungsgebieten stehen, sind die Leitungsnetze zur Nutzung eines nennenswerten Teils der Abwärme sehr aufwendig und die Wärmeverluste gross. Deshalb ist in allen diskutierten Projekten vorgesehen, dass die Abwärme gratis abgegeben und den Kraftwerken lediglich der Anteil Heissdampf vergütet wird, der der Stromproduktion verloren geht.[28] Die Wirtschaftlichkeit der Atomkraftwerke wird also durch die angeschlossene Fernheizung überhaupt nicht verbessert. Die Struktur des Elektrizitätsangebots wird sogar ungünstiger: ausgerechnet im Winter muss zugunsten der Wärmeerzeugung die Stromproduktion gedrosselt werden, während im Sommer fast die volle Leistung zur Verfügung steht. Von Anfang an müssen zudem nicht nur weitreichende Leitungen gebaut werden, sondern auch kleine Heizwerke, die beim Ausfall des Atomreaktors einspringen können.

Weil ein sehr grosser Teil der Kosten einer solchen Beheizung durch die Leitungen verursacht wird, rentiert das Ganze umso besser, je mehr Wärme verbraucht wird. Die in der städtischen Fernheizung erfahrenen Industriellen Werke Basel rechneten schon vor einigen Jahren mit 1000 bis 3000 Franken pro verlegten Meter Heizleitung.[29] Je lockerer die Besiedlung, desto stärker fallen diese Kosten ins Gewicht. Bei der nuklearen Fernheizung senken Energieeinsparungen die Kosten nur wenig. Wärmetechnische Sanierungen der angeschlossenen Gebäude und auch derer, die für einen späteren Anschluss in Frage kommen, werden uninteressant. Der von der GEK und verschiedenen Kantonen erwogene gesetzliche Anschlusszwang würde in den betroffenen Gebieten jegliche Alternative verhindern. Nukleare Fernheizung führt somit zur Verschwendung. Ohnehin kann nur ein kleiner Teil der in den Atomkraftwerken überschüssigen Abwärme auf diese Weise genutzt werden (auch in Kaiseraugst nicht mehr als 11 %!). Aus diesen Gründen ist die grossräumige Fernwärmeversorgung mit Atomenergie auch aus ökologischer Sicht alles andere als vorteilhaft.

Wenn Kurt Küffer im Zusammenhang mit dem Waldsterben heute behauptet, zehn bis fünfzehn Prozent des schweizerischen Wärmebedarfs könnten konkurrenzfähig mit nuklearer Fernwärme aus bestehenden Atomkraftwerken gedeckt werden, so greift er zurück auf alte Wunschvorstellungen der interessierten Industrie. Anfangs

der siebziger Jahre schlug die BBC in einer Studie forsch vor, zwei Drittel der Schweizer Bevölkerung mit vorwiegend nuklearer Fernwärme zu versorgen.[30] In der Grundvariante der Gesamtenergiekonzeption von 1978 wurde dann eine Fernwärmeversorgung von 14 Prozent der Bevölkerung vorgesehen, nur zur Hälfte aus Atomkraftwerken.[31] Wegen fehlender Wirtschaftlichkeit wurde dabei als notwendig erachtet, dass der Bund 15 % der Investitionskosten übernimmt und damit insgesamt 712 Millionen Franken Subventionen zahlt. Ausserdem wurde nicht ausgeschlossen, dass ein Anschlusszwang notwendig werden könnte. Inzwischen sind zwar die Oelpreise gestiegen, gleichzeitig aber nimmt dank erfolgreicher Energiesparinvestitionen der spezifische Wärmeverbrauch ab anstatt zu, sodass die Leitungsnetze weniger rentabel werden. Ausserdem ist auch die Atomenergie aus bestehenden Kraftwerken teurer geworden.

Dass es um die Wirtschaftlichkeit der grossräumigen nuklearen Fernheizung schlecht steht, zeigt konkret die Geschichte des Projekts TRANSWAAL. Zwischen Brugg und Dietikon - so planten in den siebziger Jahren die Privatfirmen BBC, Sulzer, Motor Columbus, die NOK und die Kabelwerke Brugg - sollte ein weitverzweigtes Fernheiznetz gebaut werden, das seine Wärme zu 90 Prozent aus Beznau bezieht. Zwanzig Jahre hätte der Ausbau dauern sollen - spätestens dann aber müssten die heutigen Atomkraftwerke in Beznau stillgelegt werden. Nachdem anfänglich Optimismus über die Wirtschaftlichkeit verbreitet worden war, konnte man 1978 im Schlussbericht lesen, dass das ganze Projekt trotz relativ hoher Tarife und völlig unrealistischen Annahmen für den Wärmeabsatz bei konstanten Oelpreisen erst nach 35 bis 40 Jahren rentieren würde.[32]

Die enttäuschenden Resultate führten dazu, dass man sich zunächst auf das viel kleinere Projekt "Refuna" konzentrierte. Acht Gemeinden mit insgesamt 15'000 Einwohnern und rund 20 Grossverbraucher, die im Umkreis von fünf Kilometern der Kernkraftwerke Beznau liegen, sollen aus diesen mit Atomwärme versorgt werden, ein Teil des Netzes ist bereits in Betrieb. Mit grosszügigen Vorleistungen haben die NOK, die die beiden Kernkraftwerke Beznau betreiben, das Projekt beschleunigt vorangetrieben. Sie übernahmen einen beträchtlichen Teil der Investitionen (9 von 60 Millionen Franken) auf eigene Kosten und gewähren in den ersten sieben Jahren grosszügige Rabatte auf den ohnehin viel zu niedrig kalkulierten Wärmepreis, um einen Anreiz zum Anschluss zu schaffen. Wesentliche Unterstützung erhielt das Projekt auch dadurch, dass der Bund sich bereit erklärte, seine beiden Forschungszentren EIR und SIN an das Netz anzuschliessen.[33]

Inzwischen ist das Transwaal-Projekt überarbeitet worden. 18 Gemeinden im Aare- und Limmattal (Brugg und Spreitenbach haben eine Beteiligung abgelehnt) mit zusammen rund 120'000 Einwohnern und später vielleicht sogar Teile der Stadt Zürich sollen Fernwärme aus den Atomkraftwerken in Beznau beziehen. 500 Millionen Franken sollen bis zum Jahr 2000 in die dafür notwendigen Anlagen investiert werden. Damit die vorwiegend nukleare Fernheizung - ausser den Kernkraftwerken ist der Anschluss von Kehrichtverbrennungsanlagen und der Bau von Spitzenlast- und Reserve-Heizwerken vorgesehen - einigermassen konkurrenzfähig erscheint, wurden im Konzept eine Reihe von unrealistischen Annahmen getroffen. So ging man davon aus, dass sich im Versorgungsgebiet 80 Prozent der Verbraucher anschliessen werden und dass um die Jahrtausendwende der Wärmeverbrauch immer noch gleich hoch ist wie heute. Für den Wärmebezug aus Beznau soll den Kraftwerken lediglich die Einbusse bei der Stromproduktion vergütet werden, und das nur zu zehn Rappen pro Kilowattstunde (Preis 1980, auch 1990 nur 12,2 Rappen!).[34] Das Züricher Ingenieurbüro INFRAS schätzt, dass unter realistischeren Annahmen die Wärmekosten 30 bis 50 Prozent höher zu liegen kämen, als die Autoren des Konzepts angeben.

Gänzlich unklar ist, wie die Rechnung für Refuna und Transwaal nach der Stillegung der Kernkraftwerke Beznau - den ältesten in der Schweiz - aussehen wird. Hier könnten schon in einigen Jahren die Diskussionen um den Ersatz der ersten Generation von Atomkraftwerken einsetzen - falls die Atominitiative abgelehnt werden und falls, was sehr unwahrscheinlich ist, die Elektrizitätswirtschaft dann immer noch Interesse an der Kernenergie haben sollte. Ohne die Gratisabwärme aus Beznau - nur die geringe Menge zusätzlich erforderlichen Heissdampfs muss bezahlt werden - sind die weitläufigen Fernheiznetze wirtschaftlich nicht tragbar. Offensichtlich sollen hier Sachzwänge geschaffen werden.

Aehnliche Fernheizungsprojekte sind auch für andere schweizerische Kernkraftwerke wieder im Gespräch. Erst kürzlich wurde nochmals eingehender untersucht, wie die Stadt Aarau aus Gösgen geheizt werden könnte. Die Stadt Bern lässt, allerdings schon seit Jahren ohne grosse Publizität, die Wärmelieferung aus Mühleberg untersuchen. Kaiseraugst soll nach den Vorstellungen des Bundesrates Fernwärme nach Basel liefern.[35]

Den neuesten Versuch, die nukleare Fernheizung als besonders vorteilhaft anzupreisen, stellt eine von Atomenergiebefürwortern gern zitierte Studie des ETH-Instituts für Orts-, Regional- und Landesplanung dar. Für den Ersatz von knapp einem Viertel der 1980 verbrauchten fossilen Brennstoffe durch nukleare Fernwär-

me und Atomstrom werden dieser Untersuchung zufolge in der Heizperiode Kernkraftwerke benötigt, die sechs Anlagen von der Grösse Leibstadts entsprechen. Die notwendige Reservekapazität wurde vergessen. Die undurchsichtige Kostenrechnung geht von oberflächlichen Betrachtungen und willkürlichen, zu niedrigen Ansätzen für Fernwärme und Atomstrom aus und ist, wohl weil die Sommer/Winter-Problematik nicht berücksichtigt wurde, offensichtlich falsch. Die angegebenen Investitionskosten von 25 Milliarden Franken, mit denen das Ziel innerhalb von 30 Jahren erreicht werden soll, müssten wohl mehr als doppelt so hoch veranschlagt werden.[36] Trotzdem liesse sich mit 25 Milliarden im Bereich der Spartechnologien mehr Energie einsparen, als hier durch die Atomenergie ersetzt werden soll.[37]

Ein deutliches Licht auf die Unwirtschaftlichkeit der hierzulande diskutierten nuklearen Fernwärme wirft auch eine neue Studie des schon einmal zitierten Energiewirtschaftlichen Instituts (EWI) der Universität Köln.[38] In der Kernenergiediskussion ist das EWI bisher immer als Kronzeuge der deutschen Elektrizitätswirtschaft und der Bundesregierung aufgetreten, um die überlegene Wirtschaftlichkeit des Atomstroms zu beweisen. Im Auftrag der Stadtwerke Hannover untersuchte es nun 1982 das Projekt eines grösseren kohlegefeuerten Heizkraftwerks, das im Stadtgebiet Ende der achtziger Jahre gleichzeitig Fernwärme und Strom liefern soll. Trotz der unglaubwürdig niedrigen Kosten, die das EWI für den Atomstrom veranschlagt (siehe Kapitel 3), kommt es zum Schluss, dass der Strom aus dem Heizkraftwerk auch bei Rauchgasentschwefelung damit konkurrieren kann. Im Gegensatz zu den Fernheizprojekten aus schweizerischen Atomkraftwerken ist das Leitungsnetz hier dicht und nicht allzu gross. Mit 200 Megawatt beträgt die voll genutzte Heizleistung nur ein Zehntel der in Gösgen, Leibstadt oder Kaiseraugst anfallenden und nur zu einem Bruchteil verwertbaren Abwärme. Deshalb kann der Verkauf von Fernwärme in Hannover nicht nur die Leitungskosten, sondern auch einen wesentlichen Teil der Kosten des Heizkraftwerks decken, so dass der gleichzeitig erzeugte Strom recht günstig wird.

Von der Sache her ist diese Erkenntnis eigentlich nicht neu. Zum Beispiel hat man auch in Basel gute Erfahrungen mit ähnlichen Anlagen gesammelt.[39] Bemerkenswert ist aber, dass hier zum erstenmal eingefleischte Verfechter der Atomenergie die Ueberlegenheit von Heizkraftwerken dieser Grössenordnung anerkennen. Wie wir im nächsten Kapitel sehen werden, sind noch kleinere Wärme-Kraft-Koppelungs-Anlagen noch günstiger. Nicht nur weil ein kleineres Leitungsnetz weniger Aufwand und Verluste bringt, sondern auch weil es in relativ kurzer Zeit gebaut werden kann. Die Erstellung von grossen Fernheiznetzen braucht viele Jahre, und während dieser Zeit sind die Wärmeerzeugung im Heizkraftwerk oder gar Atomkraftwerk und die Hauptleitungen nicht ausgelastet und damit unwirtschaftlich.

Grosse Atomkraftwerke sind demnach zur Erzeugung von Fernwärme denkbar ungeeignet. Seit Jahren spricht die Atomindustrie deshalb von kleinen Heizreaktoren, die nur zur Erzeugung von Wärme in den Ballungsgebieten gebaut werden könnten. Erstens ist es undenkbar, dass solche Atomreaktoren direkt in unseren Städten akzeptiert würden. Zweitens entfällt die Möglichkeit zur gleichzeitigen Stromproduktion und damit zur optimalen Energienutzung, und drittens ist auch hier wegen der notwendigen Sicherheitssysteme die Wirtschaftlichkeit wohl kaum gegeben.

Die nukleare Fernheizung ist also gesamtwirtschaftlich und ökologisch alles andere als sinnvoll. Auch aus Kreisen der Wirtschaft, die der Stromerzeugung mit Atomkraft bis heute noch weitgehend positiv gegenüberstehen, wird Opposition gegen die geplanten aufwendigen Leitungsnetze zur Kernwärmeversorgung laut. Baptist Gehr, Geschäftsführer der Schweizerischen Erdölvereinigung, findet diese Projekte "bedenklich", weil sich diese "neue Wärme nicht im fairen Wettbewerb durchsetzen kann", und sagt: "Das Waldsterben soll nun offensichtlich als Vorwand für den Aufbau dieses neuen Versorgungsmonopols herhalten". Markus Kamber, Direktor des Schweizerischen Gewerbeverbandes, meint: "Wenn die Elektrizitätsgesellschaften aus dem Stromverkauf so viel verdienen, dass sie Fernwärme 'subventionieren' können, dann ist das ein Eingriff in den Energiemarkt, der mit marktwirtschaftlichen Gesetzmässigkeiten nicht in Einklang gebracht werden kann." Es könne ausserdem "nicht der Sinn unseres energiepolitischen Handelns" sein, "alte Abhängigkeiten durch neue zu ersetzen".[40]

Die nukleare Fernheizung hat aus wirtschaftlichen Gründen offensichtlich in der Schweiz, wie übrigens auch in anderen Ländern, kaum Chancen, in grösserem Massstab realisiert zu werden. Und auch der von den lautstark propagierten Projekten erhoffte Werbeeffekt für die Atomenergie droht heute ins Gegenteil umzuschlagen.

Am billigsten und sichersten: Substitution durch Wärmesparen

Sowohl in der Form von Elektrizität, als auch in der Form von Fernwärme ist Atomenergie für die Wärmeversorgung also wesentlich und in schwer abschätzbarem Ausmass teurer als das heute überwiegend verwendete Erdöl. Ohnehin kann sie selbst mit bedeutenden Investitionen nur einen kleinen Teil davon ersetzen, und auch das nur sehr langsam. Einmal auf dem Wärmemarkt eingeführt, schafft die Atomenergie langfristige Abhängigkeiten und Sachzwänge wie kein anderes Energieversorgungssystem. Daher ist hier aus volkswirtschaftlicher Sicht ein Engagement besonders riskant.

Das Erdöl muss trotzdem ersetzt werden. Sein Preis diente in den Rechnungen, die ich bis hierher angestellt habe, nur als Vergleichsbasis, nicht als Argument, alles beim Alten zu belassen. Billiger, sicherer und ökologisch vorteilhafter als die Substitution durch andere Energiequellen ist die Substitution des Oels durch Wärmesparen. Im Gegensatz zur Atomenergie sind Energiespar-Investitionen innert kurzer Zeit wirksam und rentabel, sie können flexibel den jeweiligen Umständen angepasst werden und schaffen langfristige Unabhängigkeit. Bei denselben Anforderungen an die unternehmerische Rentabilität, die die Elektrizitätswirtschaft in der Vergangenheit an ihre noch recht günstigen Kraftwerke stellte, lässt sich, wie wir sehen werden, mit bereits verfügbaren Spartechnologien mehr als die Hälfte des heutigen Wärmeverbrauchs ersetzen.

Während in den Industrieländern Milliarden an öffentlichen Forschungsgeldern in die Entwicklung der Atomenergie gesteckt wurden und noch werden, fliessen die Mittel zur Erforschung von Techniken der besseren Energie-Nutzung nach wie vor nur spärlich. In der Schweiz wurden 1983 immer noch 65 Millionen Franken oder 61 Prozent der Energieforschungsaufwendungen für die Kernenergie ausgegeben, davon allein 27 Millionen für die Kernfusion und 6,5 Millionen für den Schnellen Brüter. Nur ganze 11 Millionen oder 10 Prozent hatte man für den Bereich Rationelle Energienutzung übrig. Für die Sonnenenergie wurden ebenfalls nur 11 Millionen ausgegeben. Das hängt nicht etwa mit Schwierigkeiten beim Aufbau von entsprechenden Forschungkapazitäten zusammen: seit 1980 sind diese dürftigen

Beträge zusammen nur um 4 Prozent gestiegen, was nicht einmal die Inflation ausgleicht. Die Kernfusion dagegen legte 25 Prozent zu.[41] Und doch haben die Untersuchungen der letzten Jahre über das inzwischen Realisierte hinaus erstaunliche Möglichkeiten der besseren Energienutzung gezeigt.

"Die Mehrheit dieser wachsenden Zahl von Studien gibt an, dass je nach Anwendung 30 bis 50 Prozent Energieeinsparung möglich sind, in bestimmten Fällen sogar bis zu 80 Prozent", heisst es in einer bemerkenswerten Untersuchung des Genfer "Centre Universitaire d'Etude des Problèmes de l'Energie" (CUEPE). Im Auftrag des Bundesamtes für Energiewirtschaft erstellten die Forscher 1981 eine Uebersicht über die von der Internationalen Energieagentur IEA in vielen Ländern angeregten Forschungsarbeiten über Energieeinsparung in Gebäuden und bei Haushaltgeräten.[42] Sie ermittelten, dass es inzwischen weltweit eine grosse Anzahl von Muster-Einfamilienhäusern gibt, deren Heizenergiebedarf bei nur 100 Megajoule oder 2,4 kg Heizöl pro Quadratmeter und Jahr liegt. Der schweizerische Durchschnitt bei den Einfamilienhäusern beträgt dagegen 750 MJ/m^2a - mehr als das Siebenfache. Noch grösser scheinen die Möglichkeiten zur Einsparung bei Mehrfamilien- und Bürohäusern, die trotz eines günstigeren Verhältnisses von Aussenfläche zu Innenraum heute mehr verbrauchen als die Einfamilienhäuser. Die technischen Möglichkeiten zur Wärmeeinsparung sind also sehr gross.

Ueber die Wirtschaftlichkeit machte dieser Bericht kaum Angaben. In einer späteren Studie untersuchte das CUEPE die Auswirkungen von drei möglichen Massnahmepaketen des Bundes, die vom Bundesamt für Energiewirtschaft vorgegeben wurden.[43] Noch Prof. Giovannini, dem Leiter der Untersuchung, waren dabei die weniger strengen und die strengen Massnahmen durchwegs wirtschaftlich rentabel, die sehr strengen Massnahmen meistens, aber nicht immer. Die ja sehr verschieden interpretierbare Wirtschaftlichkeit wurde im Bericht allerdings nicht definiert. Mit den demnach wohl gerade noch rentablen strengen Massnahmen könnte diesem Bericht zufolge bei Neubauten der Energieverbrauch für Heizung und Warmwasser um 65 Prozent gesenkt werden - vom heutigen schweizerischen Durchschnitt von 859 MJ/m^2a auf 300 MJ/m^2a. Für Renovationen wurden 20 bis 50 Prozent Einsparung veranschlagt. Bei dieser Rechnung im Auftrag des Bundes haben die Genfer Forscher nur eine verbesserte Wärmedämmung und einen erhöhten Wirkungsgrad der Oelheizungen in Betracht gezogen. Die Möglichkeiten neuartiger Heizungssysteme wurden nicht einbezogen.

Der Forschungsbericht über das vielzitierte Experimentierhaus der Philips in Aachen[44] kam 1980 zum erstaunlichen Schluss, unter "akzeptablen ökonomischen

Bedingungen" lasse sich der Heizwärmebedarf bei Einfamilienhaus-Neubauten gegenüber den verschräften deutschen Wärmeschutz-Vorschriften von 1977 auf eine Achtel (12,5 %!) verringern. Auch bei Altbauten könne er noch auf die Hälfte gesenkt werden.

Genaugenommen müssen bei der Senkung des Energiebedarfs für Raumwärme und Warmwasser verschiedene Schritte unterschieden werden. Zuallererst empfiehlt es sich, durch Wärmedämmung unwirtschaftliche Wärmeverluste zu vermeiden. Sodann kann der Wirkungsgrad des Heizsystems verbessert werden, so dass es mit weniger Primärenergie mehr Wärme liefert. Eng damit verbunden ist die Nutzung von Abwärme, Umgebungswärme und Sonnenenergie, die das Oel sinnvoll ersetzen können. Schliesslich hat man in den letzten Jahren mehr und mehr die Möglichkeiten der passiven Sonnenenergie-Nutzung entdeckt, bei der das gesamte Gebäude samt seiner Bewohner als komplexes System betrachtet werden muss. Durch eine geschickte Konzeption des subtilen Zusammenspiels zwischen Fensterfronten, Wintergärten, Wandelementen und Dachüberstand, zwischen wärmespeichernden Materialien, Oberflächen- und Farbgestaltung, Raumanordnung, Luftzirkulation, Benutzerverhalten und anderem mehr lässt sich kostengünstig ein extrem niedriger Fremdenergiebedarf erreichen. Die Zukunft des energiebewussten Bauens, ja einer neuen Architektur liegt sicher in einer solchen umfassenden Betrachtungsweise, doch ist es noch kaum möglich, daraus durchschnittliche mögliche Einsparungen zu errechnen.[45]

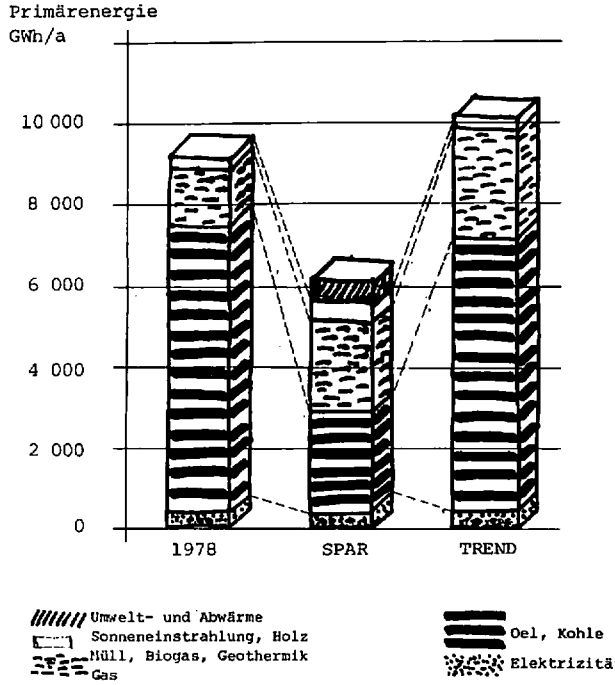
Die wohl sorgfältigste schweizerische Studie über die wirtschaftlichen Möglichkeiten, den Verbrauch hochwertiger Primärenergie für Raumheizung und Warmwasser zu senken, hat das Zürcher Ingenieurbüro INFRAS 1980 im Auftrag der Kantone Baselland und Baselstadt erstellt.[46] Zuerst wurde die mögliche Reduktion der benötigten Wärme durch Verhaltensänderungen und vor allem durch Wärmeschutzmassnahmen untersucht. Die nächste Fragestellung war, wie diese Wärme mit möglichst wenig hochwertiger Primärenergie bereitgestellt werden kann. Dazu wurde in mehreren Schritten eine optimale Kombination von verschiedenen alternativen Heizsystemen (Wärme-Kraft-Koppelung, Wärmepumpen, Sonnenenergie, Nutzung geothermischer Energie) und neuen Kesselanlagen mit besserem Wirkungsgrad ermittelt.

Wirtschaftlich realisiert werden können die weitgehenden Massnahmen zum grossen Teil nur im Rhythmus der natürlichen Erneuerungszyklen von Gebäuden, Fassaden, Heizanlagen. Bis zum Jahr 2000 sind damit bereits tiefgreifende Umstellungen möglich: Die INFRAS-Studie rechnet gegenüber dem Trend für die beiden Halbkan-

tone mit einer Reduktion des Verbrachs an fossilen Brennstoffen (Oel, Kohle, Gas) von 49,5 Prozent. Verglichen mit 1978 bedeutet das eine Senkung um 44,5 Prozent, während der Elektrizitätskonsum gleichbleibt (siehe Abb. 5.4.).

Abb. 5.4.

MOEGLICHE ENERGIEEINSPARUNGEN IM RAUMWAERMEBEREICH
(Energieleitbild beider Basel, Ergäzungsbericht)



Aufteilung des Primärenergieverbrauches beider Kantone im Jahre 2000 nach Energiequelle für drei Varianten und für 1978

Quelle: Mauch et al. (1980)

Noch eindrücklicher ist die dazugehörige Wirtschaftlichkeitsrechnung. Es wurden die Energiepreise von 1979 zugrundegelegt und angenommen, dass sie real konstant bleiben. Im ganzen Konzept wurden nur solche Investitionen berücksichtigt, die sich einzeln betrachtet innerhalb ihrer Lebensdauer amortisieren. Im Durchschnitt ist

damit die eingesparte Primärenergie recht günstig. Gegenüber dem Trend verringern sich dadurch die Gesamtkosten für die Wärmeversorgung um 17 Prozent. Seit 1979 sind nun die Energiepreise stark gestiegen. Dadurch vergrössert sich einerseits der Kostenvorteil der von der INFRAS vorgeschlagenen Sparvariante: Eine zusätzliche Berechnung ergab, dass bei um die Hälfte höheren Energiepreisen im Jahr 2000 die finanziellen Einsparungen gegenüber der Trendvariante sogar 38 Prozent betragen. Auf der anderen Seite werden zusätzlich weitere Massnahmen zur Verbrauchssenkung wirtschaftlich. Aus der heutigen Perspektive ist also in der Wärmeversorgung eine Verringerung des Verbrauchs an hochwertiger Primärenergie um mehr als die Hälfte auch wirtschaftlich durchaus möglich und vorteilhaft.

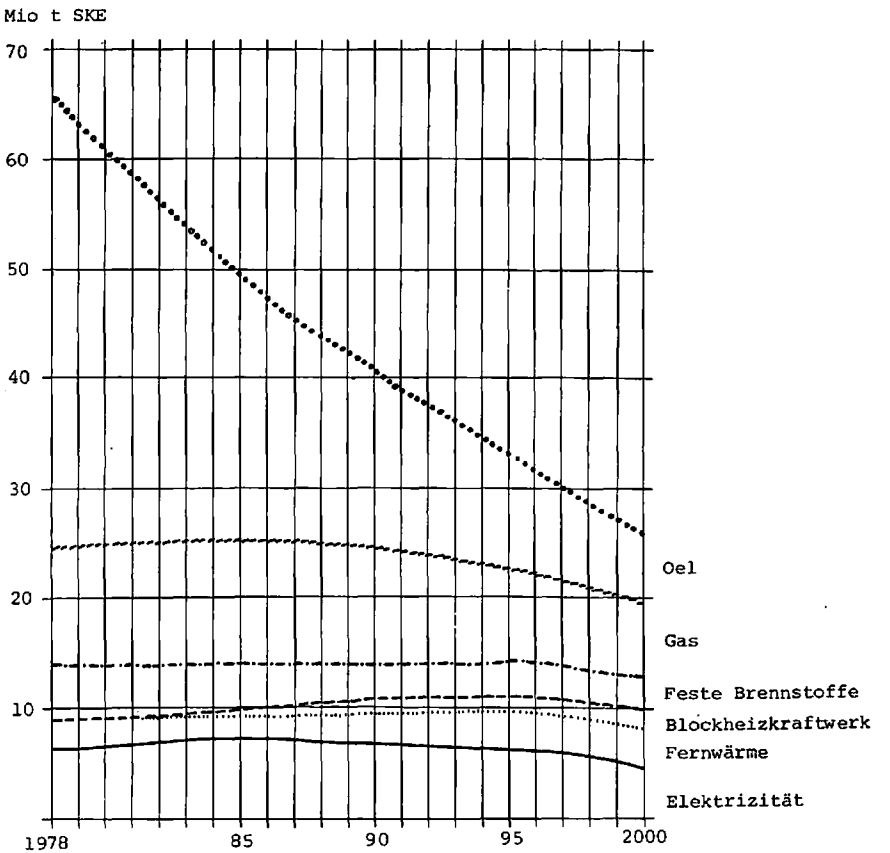
Für die Bundesrepublik kam 1980 eine Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau zu ähnlichen Ergebnissen: Trotz einer Nutzflächenerhöhung um 10 bis 25 Prozent und trotz wesentlich verbesserter Komfortverhältnisse ist es mit durchwegs einzelwirtschaftlich rentablen Massnahmen innerhalb von 20 bis 30 Jahren möglich, den Primärenergiebedarf für die Raumwärme um mehr als die Hälfte zu senken.[47] Das Problem dabei ist, Hauseigentümer und Gemeinden für die beträchtlichen Investitionen, die sich teilweise erst nach längerer Zeit auszahlen, zu motivieren. Eine Forschungsgruppe an der Technischen Universität Berlin entwickelte deshalb ein umfangreiches "Raumwärmeszenario 2000", in dem die vorausgesetzten politischen Massnahmen und die Resultate detailliert beschrieben werden. Es wird darin angenommen, dass zur Förderung der Investitionen stark verbilligte Kredite zur Verfügung stehen, die durch eine Energiesteuer finanziert werden (2 Pfennig je Liter Heizöl und 1 Pfennig je ungekoppelt erzeugter Kilowattstunde Strom). Grosse Einsparungen ergeben sich in diesem Szenario vor allem durch die nachträgliche Wärmedämmung der bestehenden Gebäude, die Erneuerung von Heizungsanlagen und den starken Ausbau von Fern- und Nahwärme mit Wärme-Kraft-Kopplung. Möglichkeiten der Nutzung von Sonnenenergie und Biogas wurden in die Untersuchung nicht einbezogen. Insgesamt sinkt nach diesem Szenario der Primärenergieverbrauch für die Raumwärme in privaten Haushalten bis zum Jahr 2000 auf nur 41 Prozent des Ausgangswertes von 1978. Der Kohle- und Gaskonsum bleiben etwa gleich, beim Oel wird nur noch rund ein Siebtel der Menge von 1978 verbraucht, Atomenergie wird nicht verwendet. Die Schadstoffemissionen, insbesondere Schwefeldioxid, gehen auf weniger als 20 % zurück. Für diese Einsparungen müssen zwischen 1985 und 2000 in den Privathaushalten gegen 120 Milliarden Mark oder durchschnittlich 8000 DM pro Wohnung ausgegeben werden. Diese Investitionen zahlen sich innerhalb von 10 bis 15 Jahren zurück, sind aber wesentlich länger wirksam. Für die Fern- und Nahwärmeversorgung müssen insgesamt 110 Milliarden DM investiert werden, von denen aber nur 50 Milliarden der Raumwärmeversorgung der privaten Haushalte zuzurechnen sind.

Nach Abzug des ohnehin vorhandenen Trends zur Energieeinsparung ergibt sich, dass von den Gesamtinvestitionen von 160 Mrd. DM schon bis zum Jahr 2000 50 bis 60 Prozent zurückgeflossen sind.[48]

Abb. 5.5.

DER ENERGIEBEDARF FUER DIE WAERMEVERSORGUNG LAESST SICH UM MEHR ALS DIE HAELFTE SENKEN

"Raumwärmeszenario 2000" für die Bundesrepublik



Entwicklung des Primärenergiebedarfs für Raumwärme in privaten Haushalten, nach Endenergieträgern

Quelle: Büchler et al. (1982)

Ganz offensichtlich ist es mit solchen Strategien zur Wärmeeinsparung möglich, wesentlich billiger und wesentlich schneller fossile Brennstoffe zu ersetzen als mit der Atomenergie. Zudem werden neue Umweltprobleme, einengende Sachzwänge und Abhängigkeiten weitgehend vermieden.

Das Ungleichgewicht der Marktkräfte

Warum, mag man fragen, wird eine solche Strategie der Verbrauchssenkung nicht schon lange verfolgt, wenn sie tatsächlich so wirtschaftlich ist? Warum setzen all diese Massnahmen sich nicht von alleine in Windeseile durch?

Ein wesentlicher Grund dafür ist, dass eine grosse Anzahl von Hauseigentümern und Firmen sich für neuartige und beträchtliche Anfangsinvestitionen entscheiden müssen, die sich oft erst im Laufe vieler Jahre auszahlen. Anders als die im Energiegeschäft tätigen Grossfirmen und Bürokratien sind die Verbraucher es nicht gewohnt, finanziell über lange Zeiträume zu kalkulieren, und die Finanzierung ist für sie oft nicht einfach. Wenn die Familie Müller ein neues Auto kauft, dann verteilt sie diese immerhin beträchtliche Ausgabe auf vielleicht vier, fünf Jahre. Wenn sie überlegt, ihr Einfamilienhaus energietechnisch sanieren zu lassen, dann erwartet sie, dass die Investitionen sich spätestens in zehn Jahren auszahlen. Die wirtschaftliche Nutzungsdauer von Wärmeschutzmassnahmen und baulichen Veränderungen zur Nutzung der Sonnenenergie aber beträgt ohne weiteres mehr als dreissig Jahre. Bei den Heizungsanlagen sind es gut fünfzehn Jahre.

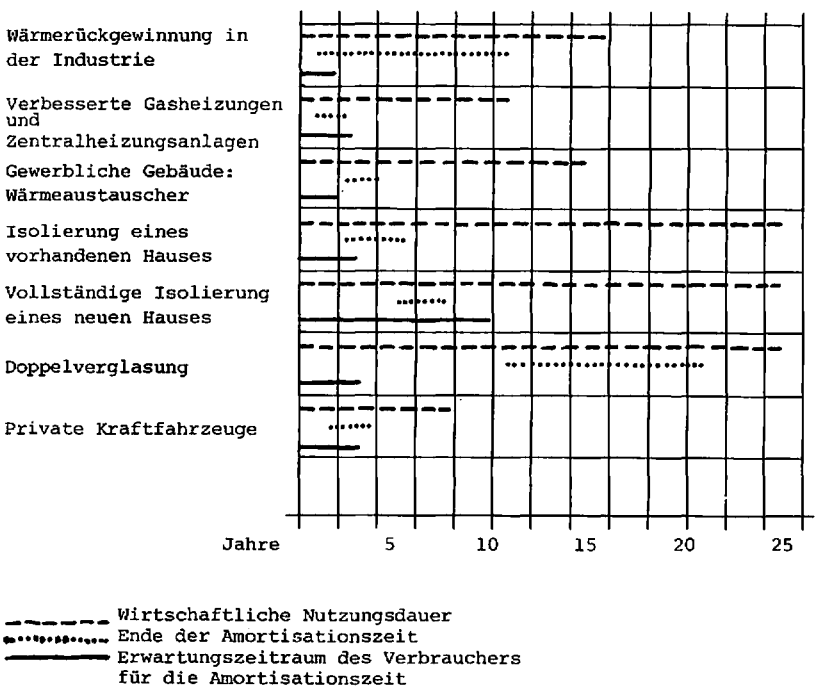
Die Elektrizitätswirtschaft dagegen kalkuliert ganz anders: Die Abschreibung von Atomkraftwerken erstreckt sich mitunter über die erwartete Lebensdauer von dreissig Jahren. Bei den Wasserkraftwerken, die über achtzig Jahre in Betrieb stehen, sind die Fristen noch viel länger. Die Rentabilität wird ganz anders beurteilt. Man ist hier gewohnt, langfristig zu kalkulieren - dabei wird die

zukünftige Rentabilität von Produktionsanlagen heute immer unsicherer, während bei energiesparenden Investitionen sicher ist, dass sie auch in Zukunft rentabel bleiben. Ueber den nationalen und internationalen Kapitalmarkt verfügen diese grossen Gesellschaften, die in der Schweiz zumindest bis heute als gute Schuldner gelten, über einfache Möglichkeiten der Finanzierung. Volkswirtschaftlich führt dieses Ungleichgewicht zu schwerwiegenden Fehlinvestitionen.

Abb. 5.6.

DIE VERBRAUCHER SIND UNGEDULDIG

Abweichungen in den Erwartungszeiträumen



Quelle: Shell (1979)

Ausgerechnet der multinationale Energiekonzern Shell hat schon 1979 in einer Studie ausdrücklich auf diese unterschiedlichen Erwartungen als ein wesentliches Hindernis für die wirtschaftliche Energienutzung hingewiesen (siehe Abb. 5.6.)[49].

Zur Ueberwindung dieser Verzerrung des Energiemarktes empfahl die Shell: mehr Information, Entwicklung und Formulierung von Nutzungsnormen, verbesserte Kostenermittlung, die Entwicklung eines Systems wirksamer Dienstleistungen für rationellen Energieeinsatz und - nicht zuletzt - finanzielle Unterstützung bei den mit Energiesparmassnahmen verbundenen hohen Anfangskosten.

Bei uns in der Schweiz, wo rund siebzig Prozent der Bevölkerung in Mietwohnungen leben, kommt noch ein weiteres schwerwiegendes Hindernis hinzu. Die Heizkosten kann der Hauseigentümer voll und ganz auf die Mieter abwälzen, auf dem angespannten Wohnungsmarkt spielt die Höhe der Nebenkosten kaum eine Rolle. Er hat also nur wenig Interesse daran, mit hohen Anfangsinvestitionen die Ausgaben der Mieter langfristig zu senken. Die Folge dieses Mechanismus zeigt sich deutlich in den Verbrauchszahlen: Der Wärmebedarf pro Quadratmeter ist in Mehrfamilienhäusern durchschnittlich 7,5 Prozent höher als in Einfamilienhäusern[50], obwohl er wegen des geringeren Anteils an Aussenwänden wesentlich niedriger liegen müsste.

Wir können also feststellen, dass vom vielbeschworenen freien Markt im Energiebereich kaum mehr die Rede sein kann. Es wäre Aufgabe des Staates und öffentlicher Institutionen, das wirtschaftliche Ungleichgewicht auszugleichen. Vor allem wegen der ansteigenden Energiepreise und der drängenden Umweltprobleme führt dieses Ungleichgewicht der Marktkräfte mehr als früher zu beträchtlichen volkswirtschaftlichen Schäden (siehe auch Kapitel 8).

Gerade die Elektrizitätswirtschaft, die zum grössten Teil im Besitz von Kantonen und Gemeinden ist, der Oeffentlichkeit also, sollte hier den gesamtwirtschaftlichen Aspekt im Auge behalten. Stattdessen haben sich diese Gesellschaften weitgehend verselbständigt und versuchen, in technokratischem Machtdenken verhaftet, das Spiel der Marktkräfte weiter auszuschalten und die Macht der Energieproduzenten zu festigen. Doch ausgerechnet die Vertreter der Elektrizitätswirtschaft spielen sich heute in der Oeffentlichkeit als heldenhafte Verfechter einer freien Marktwirtschaft auf: Atel-Präsident Michael Kohn prophezeite für den Fall, dass die Volksinitiativen angenommen würden: " Wirtschaft und Gesellschaft würden einem Regime unterworfen, in welchem sich die Planwirtschaft und Reglementiersucht geradezu austoben könnten." Und Regierungsrat Willi Geiger, Präsident der NOK, warnte: "Für einen Teil der Initianten wäre damit auch der Zeitpunkt gekommen,

um einen festgefügten Quader aus unserer freiheitlichen Wirtschafts- und Sozialordnung herauszubrechen. Ausländische Beispiele beweisen zur Genüge, wohin die Planwirtschaft führt."[51] Gleichzeitig zwingt die Elektrizitätswirtschaft unter Ausnutzung ihrer Monopolstellung alle Verbraucher, die unwirtschaftliche und unökologische Elektroheizung zu subventionieren. Elektro- und Fernwärme aus Atomkraftwerken bringt im Energiebereich neue und schwerwiegende Abhängigkeiten. In technokratischem Eifer versuchen hier die angeblichen Befürworter eines freien Spiels der Marktkräfte mit staatlicher Unterstützung eine Planwirtschaft eigener Art aufzubauen, die sich durch Abhängigkeiten und Sachzwänge aufrechterhält. Sie wäre einseitig und schwerfällig und würde unabhängige ökologische Alternativen behindern.

Ich bin überzeugt, dass ein solcher Versuch aus wirtschaftlichen und politischen Gründen auf die Länge keine Chance hat. International gesehen ist der Versuch, mit der Atomenergie ein neues dominierendes technisches System einzuführen, gescheitert. Auch in Frankreich, wo die Strategie der Abhängigkeit am entschlossensten verfolgt wurde, stösst sie heute auf immer grössere Schwierigkeiten. Es fragt sich nur, wieviel Schaden diese Politik noch anrichtet, bevor sie unter dem Druck der Oeffentlichkeit und der Wirtschaft für gescheitert erklärt und aufgegeben wird.

An Vorschlägen, wie langfristig rentable Investitionen zur Senkung des Energieverbrauchs erleichtert werden können, fehlt es nicht. Aenderungen des Mietrechts und des Elektrizitätsgesetzes können helfen, die Marktkräfte wieder ins Gleichgewicht zu bringen. Aber auch abgeänderte und neue Vorschriften werden dazu notwendig sein. Wirksamen Massnahmen, wie sie vor allem von den Umweltorganisationen gefordert werden, wird immer wieder vorgeworfen, sie schränkten die Freiheit des Bürgers ein. Offenbar ist eher das Gegenteil der Fall. Unter dem Druck der Volksinitiativen müssen sich nun auch die Bundesbehörden eingehender damit befassen. Zu wenig diskutiert wurden bis heute Möglichkeiten des schweizerischen Bank- und Finanzsystems, die Finanzierung kleiner aber langfristiger Investitionen zu erleichtern (Beratung, Leasing, Mietkauf). Das Umdenken von grossen Einheiten auf kleine, von Patentlösungen auf vielfältige verflochtene Systeme fällt den Institutionen überall schwer.

6. Elektrische Alternativen

Nicht nur für die Raumheizung und Warmwasserbereitung, sondern auch für die angestammten Bereiche der Elektrizitätsanwendung gibt es Alternativen zur Atomenergie, die wesentlich günstiger zu stehen kommen und zudem umweltfreundlicher sind. Zunächst einmal kann mit geeignet konstruierten Geräten, die schon heute wirtschaftlich sind, der Strom wesentlich besser genutzt werden. Sodann gibt es alte und neue Methoden der Elektrizitätserzeugung, die günstigeren und flexibler einsetzbaren Strom liefern als neue Kernkraftwerke und zudem die Ressourcen und die Umwelt weniger belasten.

Auch beim Strom: Zuerst besser nutzen

Neuere Untersuchungen haben ergeben, dass beim Strom die Möglichkeiten zur Senkung des Verbrauchs besonders gross sind. So zum Beispiel die bereits zitierte Untersuchung des CUEPE über die Auswirkung von Massnahmen des Bundes[1]: Mit "strengen Massnahmen" seien gegenüber dem (unrealistisch hoch veranschlagten) Trend Stromeinsparungen von etwa 27 Prozent zu erreichen, während die Verbrauchssenkung für alle Energieträger zusammen nur etwa 16 Prozent ausmache. Dabei wurde vorsichtig angenommen, dass diese Massnahmen, obwohl wirtschaftlich, auch mit Vorschriften nur teilweise durchsetzbar sind.

Im Haushaltbereich, den wir alle kennen, sind die möglichen Verbrauchssenkungen beträchtlich - das zurückhaltende CUEPE-Szenario rechnet hier mit 35 Prozent.

Wie wir noch sehen werden, kann bei einem grossen Teil der elektrischen Geräte der Wirkungsgrad in erstaunlichem Mass verbessert werden. Doch nicht nur das. Viele der Hindernisse, die energiesparende Investitionen im Wärmebereich - wie wir gesehen haben - stark erschweren, sind bei den stromverbrauchenden Geräten viel kleiner. Einmal ist die Lebensdauer elektrischer Apparate mit zehn bis fünfzehn Jahren heute um einiges kürzer als die von Heizungsanlagen oder gar Gebäuden. Die Umstellung kann deshalb recht schnell geschehen. Ausserdem kaufen die Verbraucher, die später die Stromrechnung zahlen müssen, diese Geräte meist selber. Auch Mieter, die nicht über die Wärmedämmung ihrer Wohnung beschliessen können, wählen selber ihren Fernsehapparat und Staubsauger aus, oft noch ihren Kühlschrank oder die Waschmaschine, seltener den Kochherd, und sind im Grunde interessiert daran, dass diese Geräte wenig Strom verbrauchen. Schliesslich bewegen sich die zusätzlichen Ausgaben für elektrische Apparate mit besserem Wirkungsgrad meist in einem bescheideneren Rahmen, der keine grossen Finanzierungsprobleme aufwirft.

In einer neueren Studie hat das CUEPE ausgehend von den neuesten (niedrigeren) Trendschätzungen ausgerechnet, was die (meist zur Kategorie "streng" gehörenden) Massnahmen bringen würden, die das Bundesamt für Energiewirtschaft für nötig erachtet, wenn die Volksinitiative "für eine Zukunft ohne weitere Atomkraftwerke" angenommen wird. Der Einfluss der verschiedenen, recht optimistischen Annahmen für die Wirtschaftsentwicklung ist gering. in allen Fällen liegen die Stromeinsparungen bei etwa 20 Prozent des Trendverbrauchs, und der Elektrizitätskonsum stabilisiert sich im Jahr 2000 bei rund 42 Milliarden Kilowattstunden. Gegenüber heute ist das ein Anstieg von nur 5,5 Prozent. Schon jetzt wird in der Schweiz weit mehr Elektrizität produziert: 1983 stellten die Kraftwerke 52 Mrd. kWh her, und mit Leibstadt werden es etwa 58 Mrd. kWh sein.[2]

"Im Bereich der Haushaltgeräte und der Beleuchtung zeigen die Untersuchungen ebenfalls, dass spektakuläte Einsparungen möglich sind, von der Grössenordnung eines Faktors fünf oder mehr", heisst es in der Schlussbetrachtung der ersten Genfer Studie über Möglichkeiten der Energieeinsparungen im Haushalt.[3] In einem internationalen Vergleich zeigen die Forscher, dass die Haushaltgeräte in den industrialisierten Ländern recht ähnlich und ausländische Studien deshalb auf die Schweiz übertragbar sind. Solche wurden vor allem von der technischen Universität Dänemarks[4] und vom amerikanischen Energieministerium angestellt.

Mit den effizientesten auf dem Markt erhältlichen Geräten ausgestattet - so die dänische Studie - hätte 1979 ein durchschnittlicher Haushalt 2800 Kilowattstunden

verbraucht. Eine detaillierte Untersuchung der technischen Verbesserungsmöglichkeiten der einzelnen Apparate ergab, dass mit Mehrkosten, die sich zwischen sechs und neun Jahren amortisieren, eine Senkung des Stromverbrauchs auf nur 830 Kilowattstunden (-70 %!) möglich ist. Amerikanische Untersuchungen kamen zu ähnlichen Resultaten.

Tab. 6.1.

TECHNISCHE VERBESSERUNGSMOEGLICHKEITEN DER HAUSHALTGERAETE
Resultate der dänischen Studie von Nørgard u.a.

		1978	gemässigte Massnahmen	strenge Massnahmen	sehr strenge Massnahmen	
Kühlschrank 220 l	EW	146	233	402	892	l/kWh/j
	RV	100	63	36	16	%
Tiefkühler 250 l	GW	114	190	338	629	l/kWh/j
	RV	100	60	34	18	%
Waschmaschine	EW	1.25	1.57	3.6	10.3	kg/kWh
	RV	100	79	35	12	%
Wäschetrockner	EW	1.15	1.64	2.77	5.54	kg/kWh
	RV	100	70	42	21	%
elektr. Backofen	EW	15	20	22	35	%
	RV	100	75	62	45	%
elektr. Kochherd	EW	15	16	28	28	%
	RV	100	94	54	54	%

EW: Wirkungsgrad der eingesetzten Elektrizität
RV: Verbrauch im Vergleich zu den Geräten von 1978

Quelle: Gsponer et. al. (1981) S. 87

Einige Beispiele sollen das veranschaulichen: Bei Kühlschränken wäre der Stromverbrauch fünfmal kleiner, wenn die Isolation zehn Zentimeter dick und die Wärmetauscher dreimal so gross wären. Auch bei Tiefkühltruhen wäre eine solche Verbrauchssenkung möglich und rentabel; hier müssten die Wände 20 bis 25 Zentimeter stark sein. Kühlschränke und Tiefkühltruhen brauchen zusammengenommen immerhin durchschnittlich 13 Prozent des Haushaltstroms (Warmwasser eingerechnet). Mit 23 Prozent fressen in der Schweiz die Kochherde den grössten

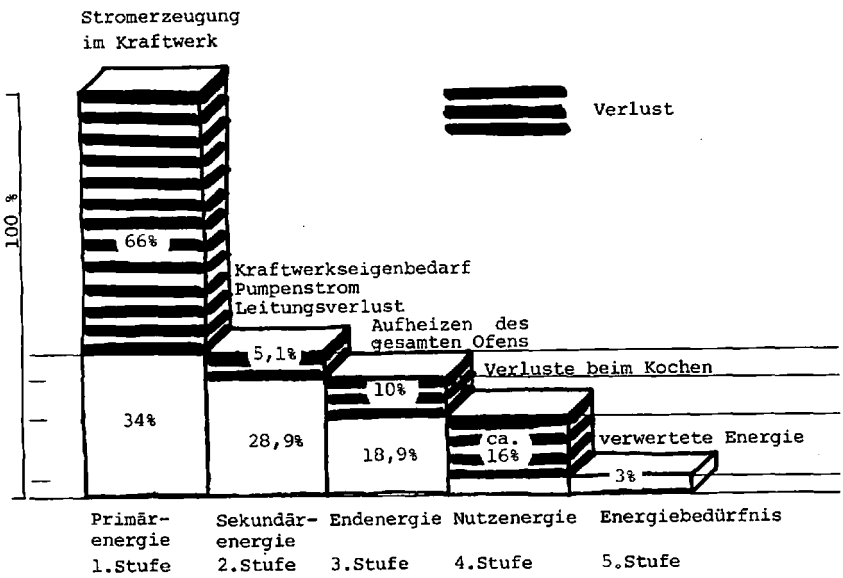
Anteil.[5] Von der eingesetzten Elektrizität werden nur 10 bis 15 % für den eigentlichen Kochvorgang verwendet. Stammt der Strom aus einem Atomkraftwerk, so wird die aufgewendete Primärenergie im Endeffekt nur zu drei Prozent genutzt (siehe Abb. 6.1.). Durch verschiedene Aenderungen, vor allem Isolation, kann der Verbrauch elektrischer Herde halbiert werden. Viel sinnvoller aber ist es, wo möglich Gasherde einzusetzen, bei denen keine Verluste im Kraftwerk entstehen und für die zum Beispiel das amerikanische Energieministerium vorgeschlagen hat, bis 1986 einen Wirkungsgrad von mindestens 46 % zu fordern. Ein Fünftel des Haushaltstroms wird im schweizerischen Durchschnitt für die Warmwasseraufbereitung aufgewendet. Mit zusätzlicher Isolation lässt sich auch hier der Wirkungsgrad etwas verbessern. Mit dem Einsatz von Wärmepumpenboilern aber ist es möglich, den Stromverbrauch auf etwa ein Drittel zu senken. Auch hier, wo es ja um Wärmeerzeugung geht, ist es eigentlich meist sinnvoller, andere Energiequellen zu verwenden (Sonne, Gas, im Winter Oelheizung...). Besonders drastisch, auf nur 12 Prozent, lässt sich der dänischen Studie zufolge auch der Stromkonsum von Waschmaschinen senken, indem der Waschbottich verkleinert und isoliert und zudem einfach mit Warmwasser aus dem Boiler gewaschen wird. In den USA, wo es nicht üblich ist, die Wäsche zu "kochen", brauchen schon heute die Waschmaschinen rund zehnmal weniger Strom als in der Schweiz.[6]

Die Aufzählung solcher Beispiele liesse sich weiterführen. Mit dem nun einsetzenden Anstieg der Strompreise wird ein wachsender Markt für Geräte mit geringerem Stromverbrauch entstehen. Besonders japanische Firmen sehen hier offenbar eine Chance.[6] Notwendig ist allerdings eine wesentlich bessere Information der Konsumenten, zumindest eine obligatorische Prüfung und Etikettierung des spezifischen Energieverbrauchs der Geräte. In den Szenarien, die das CUEPE im Auftrag des Bundesamts für Energiewirtschaft ausgearbeitet hat, werden die ansteigenden Strompreise nicht berücksichtigt, und es wird angenommen, dass ohne Vorschriften über den Verbrauch keine wesentlichen Einsparungen gemacht werden. Das ist sicher falsch. Doch sind derartige Vorschriften trotzdem zu begrüssen, auch von einem marktwirtschaftlichen Standpunkt aus: Die vorzuschreibenden Massnahmen sind wirtschaftlich und bewahren die Konsumenten vor zusätzlichen späteren Strompreiserhöhungen, denen sie hilflos ausgeliefert wären.

Im Haushaltbereich gehen die erwogenen "strengen Massnahmen" der CUEPE-Studie etwas weniger weit als die Vorschläge der dänischen Untersuchung. Dass sie tatsächlich wirtschaftlich sehr vorteilhaft sind, zeigt eine vorläufige Kostenschätzung: Ein Herd, der 43 % weniger Strom verbraucht, würde 150 Franken mehr kosten, ein 150-Liter-Kühlschrank, der weniger als ein Sechstel verbraucht, käme

Abb. 6.1.

KOCHEN MIT ELEKTRISCHEM STROM



Wasser mit Strom zu erhitzen ist wie Butter mit der Kreissäge zu schneiden. Nur drei Prozent der eingesetzten Energie dienen zur Erwärmung des Wassers, der Rest, 97 Prozent, verpufft ungenutzt in die Umwelt.

Quelle: Heine (1983)

nur 195 Franken teurer, und die Einsparung von 60 Prozent des Stromkonsums bei einer Waschmaschine wäre schon für 30 Franken zu haben. Ueberschlagsmässig haben die CUEPE-Forscher geschätzt, was die "strengen Massnahmen" allein im Haushaltbereich gegenüber einem (überrissenen) Trend von 59 Prozent Verbrauchssteigerung bringen würden: Bei jährlichen zusätzlichen Investitionen zwischen 200 und 300 Millionen Franken würden 1990 270 Millionen Franken gespart, im Jahr 2000 gar 800 Millionen.[8]

Gewichtiger als der Anteil der Haushalte am schweizerischen Stromverbrauch (26 %) ist derjenige des Sektors Gewerbe, Landwirtschaft und Dienstleistungen (35 %). Elektrizität wird hier zu sehr verschiedenartigen Zwecken verwendet, die vorhan-

denen Daten sind spärlich und Abschätzungen nicht einfach. Viel Strom verbrauchen Klimaanlagen, Warmwasser und Kühlgeräte. In diesen Bereichen sind auch grosse Einsparungen möglich, bei den Klimaanlagen vor allem durch ein weitgehendes Verbot von Neuinstallationen. Die zurückhaltende CUEPE-Studie rechnet damit, dass "strenge Massnahmen" in diesem Sektor die grössten Einsparungen bringen können: etwa 39 Prozent gegenüber dem angenommenen Trend. Im Haushaltbereich kommt sie auf 35, für den Stromverbrauch insgesamt auf 26 Prozent mögliche Einsparungen.[9]

Die Industrie hat kostenbewusst ihren Energieverbrauch in den letzten Jahren bereits merklich gesenkt: Zwischen 1973 und 1982 nahm er um 23 Prozent ab.[10] Der Elektrizitätsverbrauch dagegen stieg in diesem Zeitraum noch um 12 Prozent, fiel jedoch anteilsmässig am gesamten schweizerischen Stromkonsum von 40 auf 33 Prozent zurück.[11] Die Möglichkeiten zur Einsparung von Strom in der Industrie werden deshalb geringer eingeschätzt. Welchen Einfluss der Siegeszug der Elektronik auf den Stromverbrauch haben kann, lässt sich noch schwer beurteilen. Einerseits werden neue Abläufe elektrifiziert, auf der anderen Seite ermöglichen neue Steuerungen grössere Einsparungen: So lässt sich der Stromverbrauch von Elektromotoren durch elektronische Drehzahlregelung um dreissig Prozent senken.[12] Es ist wahrscheinlich, dass die grundlegende Umgestaltung vieler Produktionsprozesse, die gerade erst angefangen hat, neue, heute noch nicht abschätzbare Einsparungsmöglichkeiten auftut, wenn konsequent darauf geachtet wird.

Ueber Stromverbrauchsprognosen und mögliche Einsparungen ist mit vielen Zahlen und Annahmen gestritten worden. Ich möchte dem keine neuen Voraussagen hinzufügen. Die Zukunft entwickelt sich aus der Vielfalt dessen, was heute geschieht, getan und unterlassen wird. Zusammenfassend kann man feststellen, dass die technischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten der Stromeinsparung beachtlich sind und mit steigenden Strompreisen weiter wachsen. Sie bewegen sich in der Grössenordnung der Stromerzeugung mehrerer Kernkraftwerke. Gesamtwirtschaftlich ist ihre Realisierung wesentlich vorteilhafter als der Bau weiterer Atomanlagen.

Wärme-Kraft-Kopplung: Günstiger Strom und gespartes Öl

Unter den alternativen Möglichkeiten der Stromproduktion steht heute die sogenannte Wärme-Kraft-Kopplung (WKK) im Vordergrund. In herkömmlichen grossen Kohle-, Oel- oder Atomkraftwerken verpuffen zwei Drittel der eingesetzten Primärenergie nutzlos durch den Kühlturm. Besonders in der Industrie hat man deshalb seit jeher in kleineren Heizkraftwerken oder Wärme-Kraft-Koppelungs-Anlagen Strom (oder früher mechanische Antriebskraft) und Nutzwärme gleichzeitig erzeugt. Nach dem Krieg ist diese Technik zunehmend in Vergessenheit geraten. In den letzten Jahren hat man wieder begonnen, sich dafür zu interessieren und besonders aus Lastwagenmotoren kleine Kompaktanlagen entwickelt. Mehrere solche Einheiten werden zu sogenannten Blockheizkraftwerken mit elektrischen Leistungen zwischen 100 Kilowatt und einigen Megawatt zusammengestellt. Ausserdem werden heute auch wieder Heizkraftwerke mit verschiedenen Turbinen gebaut, ihre Leistung ist grösser. Ausgehend von Automotoren sind in den letzten Jahren auch ganz kleine Geräte entwickelt worden, meist Totalenergieanlagen genannt. Sie werden vor allem zur Nutzung von Biogas eingesetzt.

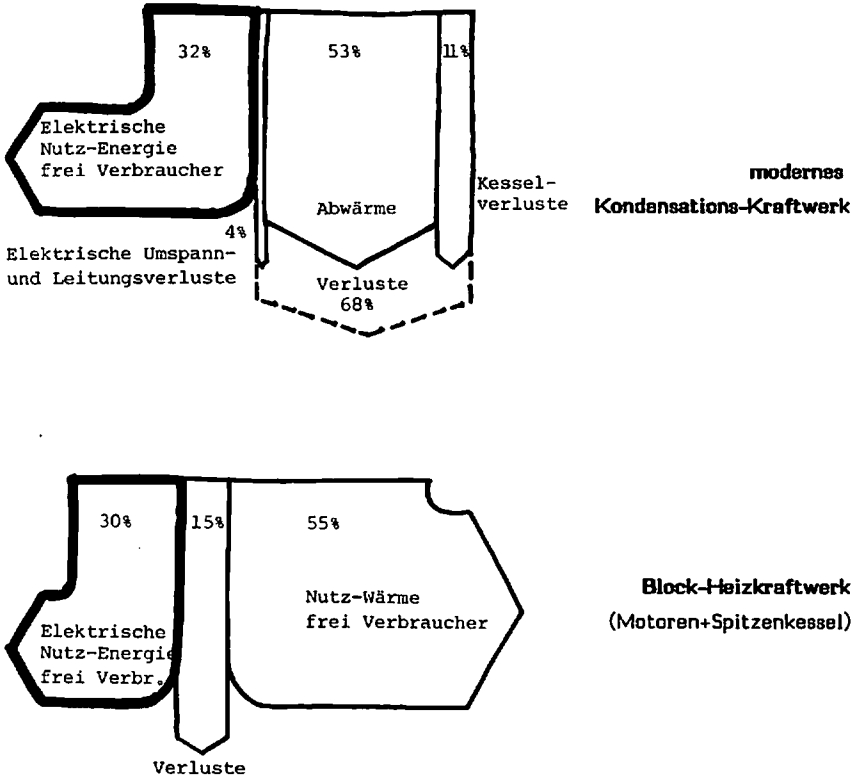
Als flexible, dezentral einsetzbare Wärme- und Stromquellen sind besonders die Blockheizkraftwerke interessant. Sie werden so konzipiert, dass die Nutzwärme nicht weit transportiert werden muss und in der Grösse dem Wärmebedarf angepasst ist. Der Strom fällt sozusagen als Nebenprodukt an. Von ihrer Leistung her sind Blockheizkraftwerke zur Versorgung von Schulen, Spitälern, Verwaltungsbauten, Industriebetrieben, Ueberbauungen oder einer Reihe benachbarter Wohnblöcke geeignet. Die Installation ist einfach, die Bauzeit samt Nahwärmenetz beträgt weniger als ein Jahr, und die Wartung scheint unproblematisch. Dank mehrerer Motoren, die je nach Bedarf zugeschaltet werden, ist der Wirkungsgrad gleichbleibend hoch und die Betriebssicherheit sehr gut.

In den Vereinigten Staaten sind seit Mitte der sechziger Jahre hunderte solcher Anlagen in Betrieb. Anfang der Siebziger fing man in Frankreich, England und Holland an, Blockheizkraftwerke zu bauen, die noch wenig standardisiert waren. 1976 nahmen die Stadtwerke Heidenheim in Deutschland dann ihr erstes Blockheiz-

kraftwerk in Betrieb, spiesen erstmals Ueberschusselektrizität in das öffentliche Stromnetz[13] und wurden durch ihre konsequenten Weiterentwicklungen unter dem technischen Direktor Karl Hein zum europäischen Vorbild. Heute laufen in ihrem kleinen Versorgungsgebiet neun solche Anlagen. Namhafte Motoren- und Anlagenhersteller beschäftigen sich inzwischen mit dieser Technik und bieten wesentlich verbesserte Geräte an.

Abb. 6.2.

DIE ABWAERME NUTZEN:
Blockheizkraftwerke sparen Energie



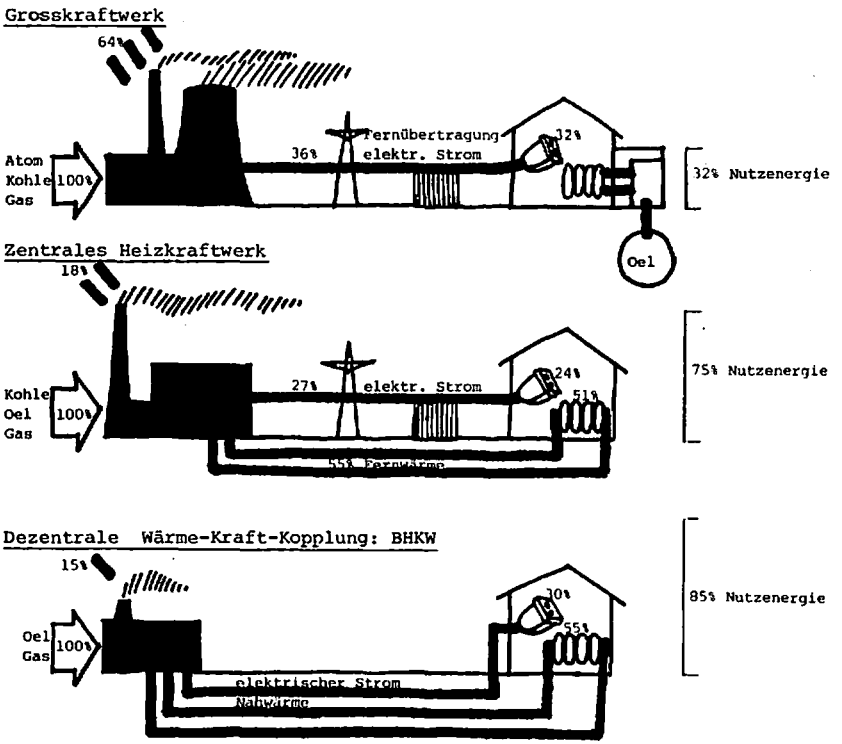
Quelle: ASUE (1980)

Mit den heutigen Blockheizkraftwerken wird die eingesetzte Primärenergie zu etwa 85 Prozent genutzt (siehe Abb. 6.2). Gegenüber der getrennten Erzeugung der gleichen Mengen von Strom und Wärme in Grosskraftwerken und Oelfeuerungen bedeutet das Einsparungen zwischen 35 und 45 Prozent.[14] Auch gegenüber der Wärme-Kraft-Koppelung mit grösseren zentralen Heizkraftwerken und Fernwärmenetzen stehen die Blockheizkraftwerke mit Nahwärmeversorgung wegen der kleineren Verluste günstig da (siehe Abb. 6.3).

Abb. 6.3.

DEZENTRALE WAERME-KRAFT-KOPPLUNG IST EFFIZIENTER

Energieflüsse bei der reinen Stromerzeugung sowie der zentralen und dezentralen Wärme-Kraft-Kopplung



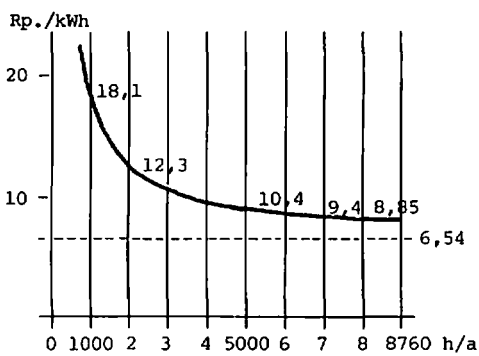
Quelle: ASUE 1980

Entsprechend interessant sind auch die wirtschaftlichen Aspekte. Eine stattliche Reihe von Anlagen, die in den letzten Jahren realisiert wurden, haben gezeigt, dass Blockheizkraftwerke günstigeren Strom liefern können als neue Atomkraftwerke. Der erwähnte, heute pensionierte Heidenheimer Pionier Karl Hein hat an verschiedenen Beispielen die überlegene Wirtschaftlichkeit von Blockheizkraftwerken vorgerechnet. Setzt man für die Nutzwärme Kosten ein, wie sie bei der Erzeugung in herkömmlichen Kesselanlagen anfallen würden, dann ergeben sich für den Strom Preise zwischen 7 und 7,5 Pfennig pro Kilowattstunde.[15] Für die Schweiz hat der Energieexperte Jürg Nipkow kürzlich berechnet, dass die Strom-Selbstkosten aus Wärme-Kraft-Koppelung etwa 10 Rappen pro Kilowattstunde betragen, wenn die Anlage 3500 Stunden im Jahr ausgelastet wird[16] (das ist in Kombination mit einem Kessel für die Spitzenlast auch für die Raumheizung möglich und sinnvoll). Eine etwas höhere Kostenschätzung (9,4 bis 15,8 Rappen) machten die Ingenieurfirmen Basler & Hoffmann und Sulzer Consulting für die Eidgenössische Energiekommission.[17]

Abb. 6.4.

DEZENTRALE WAERME-KRAFT-KOPPLUNG IST RENTABEL

Strom-Selbstkosten mit WKK in Abhängigkeit der Auslastung



Voraussetzungen:

Anlageleistung	1400 KWe	
Mehrkosten	1200 Fr/kWe	= 1,68 Mio Fr.
Annuität (5%, 15 Jahre: 9.63%)		= 161'178 Fr.
Brennstoffpreis Gas		= 5 Rp/kWh$_{Ho}$
		= 5,56 Rp/kWh$_{Hu}$
η_{tot}		= 85%
Brennstoffkosten		= 6,54 Rp/kWh$_{abg.}$

Quelle: Nipkow (1983)

Schon diese Angaben der durchschnittlichen Kosten zeigen, dass der Strom aus Blockheizkraftwerken recht günstig ist. Dazu kommen einige gewichtige Vorteile. Erstens liefern Blockheizkraftwerke genau dann Strom, wenn er am meisten gebraucht wird: im Winter während des Tages. Im Gegensatz zu Atomkraftwerken produzieren sie keine zusätzlichen Sommerüberschüsse, die nicht kostendeckend abgesetzt werden können. Zweitens benötigen sie keine aufwendige Hochspannungsübertragung über weite Strecken. Der Strom wird beim Abnehmer selbst verwendet oder - bei Einspeisung in das öffentliche Netz - doch in unmittelbarer Nähe. Die Steuerung der Anlagen hat sich in der Praxis als unproblematisch erwiesen, entgegen den vielfachen Bedenken schweizerischer Elektrizitätswerke. Drittens sind für eine Vielzahl kleiner Kraftwerke im Netz, die zum Teil selber noch aus mehreren unabhängigen Einheiten bestehen, keine grossen Reservekapazitäten nötig. Die Wahrscheinlichkeit, dass tausend Anlagen, die zusammen so viel Strom liefern wie Gösgen, gleichzeitig ausfallen, ist verschwindend gering.

Einer der grössten Vorteile der dezentralen Wärme-Kraft-Kopplung ist ihre Flexibilität. Anders als bei Grosskraftwerken und Fernheiznetzen sind lange Planungs- und Bauzeiten nicht notwendig. Innerhalb eines Jahres ist ein solches System mit Nahwärmeversorgung geplant und installiert. Die immer schwierigeren Spekulationen über den Strombedarf in zehn, zwanzig Jahren werden unwichtiger. Blockheizkraftwerke können für den unmittelbaren Bedarf ausgelegt und später auch erweitert werden. Kapazitäten auf Vorrat und unrentable Anlaufzeiten bis zur vollen Auslastung eines Fernheiznetzes entfallen.

Auch die Investitionskosten sind nicht besonders hoch. Gegenüber grossen Heizkraftwerken mit ausgedehnten Fernwärmenetzen liegen die Kosten für die Erzeugungs- und Verteilungssysteme 30 bis 50 Prozent niedriger.[18] Die "Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V." der deutschen Gasversorgungsunternehmen rechnet gegenüber herkömmlichen Kesselanlagen für die Wärmeerzeugung mit Mehrkosten von etwa 1000 DM pro Kilowatt installierte elektrische Leistung.[19] Das ist gegenüber Leibstadt mit 5000 Franken pro Kilowatt trotz höherer Brennstoffkosten auch angesichts der kleineren Betriebsstundenzahl pro Jahr und der wohl kürzeren Lebensdauer (ca. 15 Jahre) immer noch günstig.

Besonders interessant ist diese neue Technik für kommunale Energieversorgungsunternehmen, die sowohl Strom als auch Gas verteilen. So haben die Stadtwerke Heidenheim eine Tochtergesellschaft gegründet, die Blockheizkraftwerke selber erstellt und betreibt. Sie verkauft Wärme etwa 5 Prozent billiger, als sie aus Kesselanlagen kosten würde. Für die Muttergesellschaft ist das Ganze ein gutes

Geschäft: sie verkauft der Tochter das Gas zum Betrieb der Blockheizkraftwerke teurer als sie es selber einkauft und bezahlt für den erzeugten Strom weniger als er bei der regionalen Kraftwerksgesellschaft kosten würde.[20] Die deutsche Gasindustrie ermuntert heute die einzelnen Werke, selber in die Nahwärmeversorgung und auch in die Stromproduktion einzusteigen und entsprechende Anlagen zu bauen, anstatt nur Gas zu liefern.[21]

Schwieriger ist die Rechnung für private Anlagen. Denn die meisten Elektrizitätswerke zahlen heute sehr schlechte Preise für Strom, der ins Netz eingespiesen wird. Für private Besitzer von grossen Wohn- und Bürogebäuden lohnt sich deshalb eine solche Anlage bis heute meist nicht. Anders sieht es in Industrie- und Gewerbebetrieben aus, die selber mehr Strom brauchen, als das Blockheizkraftwerk erzeugt. Hier kann die Wärme-Kraft-Kopplung beträchtliche Einsparungen bringen - nicht nur bei der Energie, sondern auch bei den Finanzen.

Neben den rund 10 Fernheizkraftwerken und einer unbekannten Anzahl von Heizkraftwerken in der Industrie sind in der Schweiz heute etwa 70 Blockheizkraftwerke in Betrieb, die zusammengerechnet eine elektrische Leistung von ungefähr 10 Megawatt aufweisen. So zum Beispiel im Kunstmuseum Basel, in den Verwaltungsgebäuden Flurpark (Bankgesellschaft) und Limmatplatz (Migros) in Zürich sowie in den Einkaufszentren Marin bei Neuenburg oder Stans.[22] Neue Anlagen werden gegenwärtig zum Beispiel im Schlachthof und im Kongresshaus in Zürich erstellt. Besonders aktiv ist man in der Region Basel, wo seit Jahren eine Vielfalt von Wärme-Kraft-Koppelungs-Anlagen in Betrieb ist: In Basel-Stadt wurden 1982 rund 12 Prozent des Stromverbrauchs mit Wärme-Kraft-Koppelung in Anlagen der grossen Chemiefirmen, der industriellen Werke Basel und im Fernheizwerk erzeugt.[23]

Wegweisend ist Basel auch auf der gesetzgeberischen Ebene: Das neue Energiespar-Gesetz schreibt vor, dass das Elektrizitätswerk für Strom, der aus privaten Anlagen in das Netz eingespiesen wird, nicht lächerliche Preise von zwei bis fünf Rappen zahlt, wie noch vielerorts üblich, und auch nicht den durchschnittlichen Stromtarif, den die Abnehmer zu zahlen haben, sondern soviel, wie die Elektrizität aus einem neuerstellten Kraftwerk kosten würde.[24] Wie bei den Stromtarifen (siehe Kapitel 4) also auch hier: die Grenzkosten müssen beachtet werden, weil die Durchschnittskosten zu Fehlentscheiden führen. Mit einer solchen, eigentlich selbstverständlichen Regelung können die Marktkräfte wieder ins Gleichgewicht gebracht und die Wärme-Kraft-Kopplung gefördert werden. In den Vereinigten Staaten wird auf diese Weise das unter Carter verabschiedete neue Elektrizitätsgesetz zu einer

Belebung alternativer Techniken der Energieerzeugung beitragen.[25] Eine solche Regelung ist auch gesamtschweizerisch dringend notwendig.

Das Potential für den wirtschaftlichen Einsatz der Wärme-Kraft-Kopplung ist beträchtlich. Karl Hein ist der Ansicht, dass mehr als 25 Prozent des Stroms auf diese Weise erzeugt werden könnten.[26] Die erwähnte Studie im Auftrag der Eidgenössischen Energiekommission schätzt, dass bei geeigneten Massnahmen das wirtschaftliche Potential 1990 bei beiner Stromproduktion von 19,4 Milliarden Kilowattstunden liegt, das entspricht der Hälfte des Elektrizitätsverbrauchs 1982 oder der Winterproduktion von fünf grossen Atomkraftwerken. Sehr vorsichtig wird dann aber angenommen, dass aus verschiedensten Gründen nur etwa ein neuntel davon realisiert werden kann, was etwa 8 Prozent des vorausgesagten Winterstromverbrauchs ausmacht.[27] Die Umweltorganisationen hingegen halten das errechnete wirtschaftliche Potential durchaus für realisierbar.[28]

Woran es fehlt, sind Erfahrungen in der notwendigen Zusammenarbeit zwischen Architekten, Planern und Ingenieuren, Verständnis für dezentrale Systeme und vor allem Information über die wirtschaftlichen Aspekte. Hier scheint mir die erwähnte Studie des Kölner Energiewirtschaftlichen Instituts über das Heizkraftwerk für Hannover von Bedeutung.[29] Erstmals wird hier von Kreisen, die der Atomenergie sehr nahe stehen, eingestanden, dass Wärme-Kraft-Koppelung wirtschaftlicher ist, auch wenn es sich hier um eine grosse Zentrale handelt. Die in dieser Untersuchung gemachte Einschränkung, Hannover sei besonders günstig, weil durch das schon bestehende Fernheiznetz eine kostspielige Anlaufphase vermieden werden kann, gilt gerade für die dezentrale Nahwärmeversorgung nicht. Es muss klar zwischen verschiedenen Arten der Wärme-Kraft-Koppelung unterschieden werden. Kleine, dezentrale Systeme haben offenbar meist beträchtliche Vorteile. Ihr Anwendungsgebiet ist auch grösser, denn sie können auch in kleinen Ortschaften eingesetzt werden.

Eine problemlose Patentlösung für die Stromproduktion ist aber trotz aller aufgezählten Vorteile auch die Wärme-Kraft-Kopplung nicht, denn sie braucht fossile Brennstoffe. Im Vordergrund steht heute das Erdgas, das wegen seiner Sauberkeit weniger Wartung, weniger Verschleiss und weniger giftige Abgase verursacht. Oft wird auch Heizöl (Diesel) verwendet. In grösseren Heizkraftwerken wird vielfach Kohle verfeuert, mit der Wirbelschichtfeuerung ergeben sich hier neue interessante Möglichkeiten auch für mittlere Anlagen (ab 2 Megawatt Heizleistung). An nichtfossilen Brennstoffen steht heute vor allem Kehricht zur Verfügung, ausserdem Klärgas und - erst ganz zaghaft - Biogas und Holzgas.

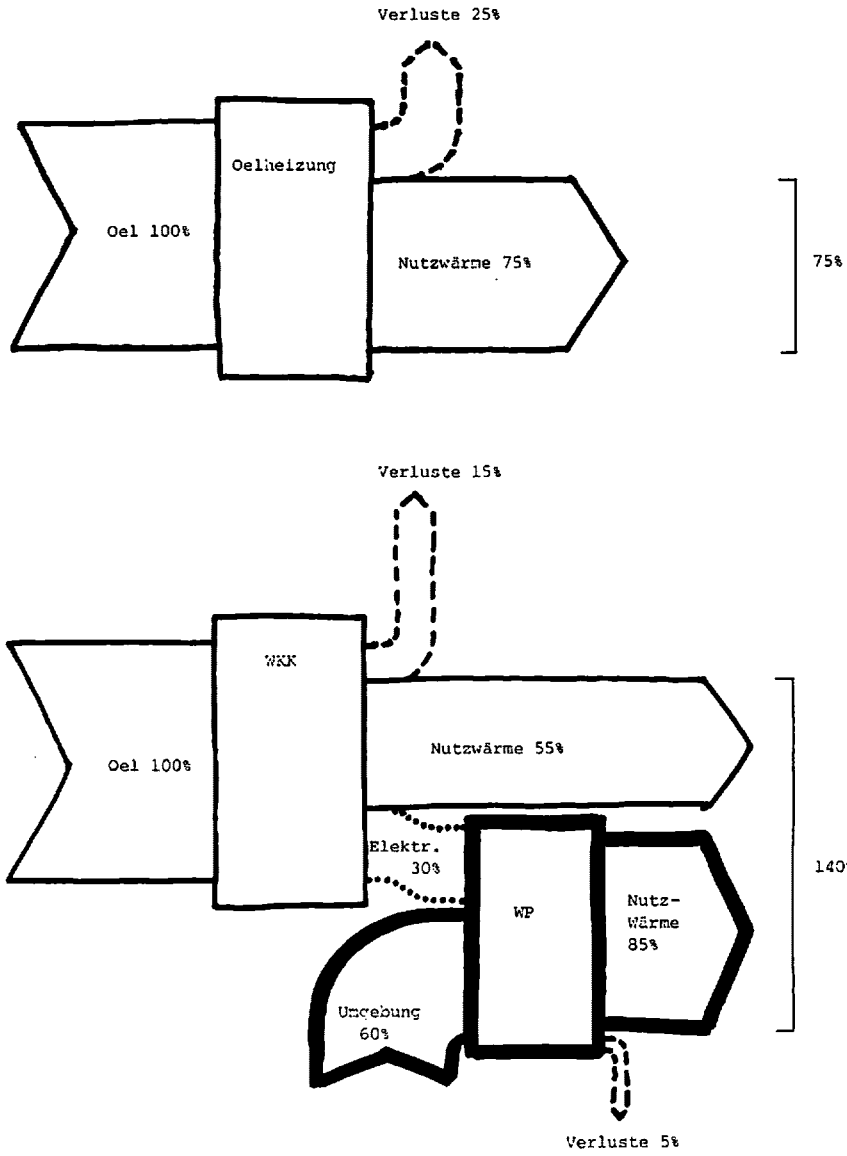
Die Abgasqualität vieler Anlagen ist heute noch unbefriedigend. Mangels Vorschriften produzieren die handelsüblichen Motorenaggregate mehr Schadstoffe als gute Kesselanlagen mit demselben Brennstoffverbrauch. Katalysatoren oder Keramikfilter, die für den erforderlichen Temperaturbereich teilweise erst noch entwickelt werden, können hier aber gute Abhilfe schaffen. Auch darf man den Abgasausstoss nicht nur auf den Treibstoffverbrauch beziehen, denn die Ausnutzung der Primärenergie ist bei der Wärme-Kraft-Koppelung viel besser. Richtig eingesetzt, kann sie den Gesamtverbrauch an fossilen Brennstoffen und damit auch die Abgase ganz wesentlich reduzieren.

Gegenüber einem Heizkessel verursacht die zusätzliche Stromproduktion in Wäme-Kraft-Kopplung auch einen zusätzlichen Brennstoffverbrauch. Nun kommt es darauf an, wie dieser Strom verwendet wird. Betreibt man damit elektrische Wärmepumpen, die zusätzliche Wärme aus der Umwelt gewinnen, so lässt sich mit diesem System aus der gleichen Menge Heizöl oder Erdgas doppelt soviel Wärme gewinnen wie mit einem Heizkessel (siehe Abb. 6.5.). Anders als beim Atomstrom ist hier die Verwendung von elektrischen Wärmpumpen durchaus sinnvoll: Verstreute Häuser in der Nachbarschaft eines mit Wärme-Kraft-Kopplung beheizten grösseren Gebäudekomplexes können über relativ kurze Leitungen im örtlichen Stromnetz ohne aufwendige Hochspannungsübertragung und ohne Fernwärmenetze mit Heizenergie versorgt werden. Und was wichtig ist: der Strom fällt nur dann an, wenn geheizt werden muss. Im Grunde ist eine solche Kombination von den Energieflüssen her dasselbe wie eine Diesel- oder Gaswärmepumpe, wo ein Verbrennungsmotor den Kompressor antreibt. Der Umweg über den Strom bringt grössere Flexibilität.

Mit wesentlich weniger Geld lassen sich also auf diese Weise in kürzerer Zeit mehr fossile Brennstoffe einsparen als mit Atomkraftwerken. Und umgekehrt: solange mindestens ein Drittel des Stroms aus Wärme-Kraft-Koppelungs-Anlagen so verwendet wird, tragen sie immer noch zur Einsparung bei.

Abb. 6.5.

WAERME-KRAFT-KOPPLUNG FUER DIE HEIZUNG: OELVERBRAUCH HALBIERT



Für die Zukunft: Elektrizität aus Sonnenlicht

Die mit Erdgas oder Oel betriebene Wärme-Kraft-Kopplung ist für die nächsten Jahre eine energiesparende und wirtschaftliche Alternative, die sehr zu begrüssen ist. Auf die Länge aber muss der Verbrauch an fossilen Brennstoffen noch weiter reduziert werden. Hier wird die Photovoltaik, die direkte Erzeugung von Strom aus Sonnenlicht, ab den neunziger Jahren eine entscheidende Rolle spielen.[30] Die Oeffentlichkeit ist sich bis heute noch kaum bewusst, wie grundlegend diese neue Technik den Elektrizitätsmarkt, ja den ganzen Energiemarkt verändern könnte.

Sonnenzellen können ohne bewegliche Teile, ohne Abgase und Dampffahnen, ohne Turbinen, Motoren und Kühltürme aus Tageslicht Strom erzeugen - auch aus der fahlen Helligkeit eines Regentages holen sie noch etwas heraus. Sie bestehen aus dünnen Halbleiterscheiben, fast immer aus Silizium, demselben Material, aus dem Computer-Chips gemacht werden. In Form von Sand und Fels ist Silizium auf der Erde im Ueberfluss vorhanden. Eine Fläche von nur vier mal sechs Metern liefert auch in unserem Klima in einem Jahr so viel Strom wie ein durchschnittlicher Vier-Personen-Haushalt mit seinen verschwenderischen Geräten heute braucht (3000 Kilowattstunden).

Das Problem liegt bis heute beim Preis. In den letzten zehn Jahren konnte er auf etwa ein Zehntel gesenkt werden, doch muss er noch einmal fünf- bis zehnmal kleiner werden, damit Sonnenstrom mit den heutigen Kraftwerken konkurrieren kann. Die Fachleute sind übereinstimmend der Ansicht, dass dieses Ziel mit verschiedenen Techniken spätestens Anfang der neunziger Jahre erreicht werden kann. Das Austüfteln einer geeigneten Zusammensetzung des Siliziums und von günstigen Verfahren für die Massenproduktion bis hin zu wetterfest verschweissten Tafeln mit Glasabdeckung ist eine langwierige Angelegenheit, bei der noch viele Verbesserungen möglich sind.

Ein grosser Teil der heute hergestellten Solarzellen gehört noch zur "ersten Generation": Aus einer flüssigen Siliziumschmelze werden sehr behutsam armdicke Kristalle gezogen, die anschliessend in Scheiben zersägt und weiterverarbeitet werden (monokristalline Zellen). Die Produktion von Sonnenzellen der zweiten

Generation ist weniger aufwendig: Das Silizium wird einfach in Formen gegossen, die dann aber unter ausgeklügelten Bedingungen auskühlen müssen, damit die vielen kleinen Kristalle im entstehenden Block die gewünschten Eigenschaften haben (polykristalline Zellen). In der dritten Generation schliesslich wird das teure hochreine Silizium nur in mikroskopisch dünnen Schichten auf Glas- oder Metallplatten aufgedampft und bildet keine Kristalle (amorphe Zellen). Mit dieser Technik, die besonder tiefe Preise verspricht, hat man noch gewisse Schwierigkeiten.

Angefangen hatte die Entwicklung der Solarzellen mit der Weltraumfahrt. Kosten spielten damals keine Rolle. Nach der Oelkrise begann man sich dann für Anwendungen auf der Erde zu interessieren. Verschiedene Pioniere gründeten kleine Firmen, zunehmend interessierten sich die grossen Oelkonzerne für diese neue Möglichkeit, in das Geschäft mit der Elektrizität einzusteigen. 1973 wurde in den USA der Grundstein für ein nationales Forschungsprogramm gelegt, Frankreich und Japan begannen 1974, 1975 entschloss sich die Europäische Gemeinschaft, die photovoltaische Technik entschieden zu fördern, und 1977 folgte die Bundesrepublik mit einem bedeutenden Programm. Unter Carter nahm die Entwicklung der Photovoltaik einen grossen Aufschwung, hundertsechzig Millionen Dollar gab die US-Regierung 1981 dafür aus. An der Internationalen Photovoltaik-Konferenz der Europäischen Gemeinschaften in Cannes 1981 herrschte grosse Aufbruchstimmung. Die Amerikaner waren überzeugt, dass Sonnenstrom Ende der achtziger Jahre mit Atom- und Kohlestrom konkurrieren kann. Die Oelkonzerne hatten offenbar grosse Lust, auf diese Weise in den Strommarkt einzubrechen. Die europäischen Firmen, vor allem die Elektrokonzere AEG, Siemens und CGE, waren viel zurückhaltender. Offensichtlich hatten sie kein Interesse daran, ihre eigenen Kraftwerks- und Starkstromabteilungen zu konkurrenzieren. Sie setzten auf das Geschäft mit der Dritten Welt. Dort tut sich auch bei höheren Preisen ein riesiger Markt auf, weil in grossen Teilen der Erde kein dichtes Stromnetz vorhanden ist und Dieselgeneratoren in abgelegenen Gegenden recht teuer zu stehen kommen. Dem Druck der Amerikaner aber konnten sie sich nicht entziehen.

Seit 1981 sind nun die Preise nicht mehr wesentlich gefallen, es ist stiller geworden um den Sonnenstrom. Die Administration Reagan hat die Forschungsmittel drastisch gekürzt, mit der Begründung, nun seien ja die potenten Oelkonzerne eingestiegen. Besonders in den USA ist der Stromverbrauch viel weniger stark gestiegen als man angenommen hatte; Ueberkapazitäten und nicht Strommangel sind das Problem der Elektrizitätswirtschaft. Der Oelpreis ist nicht weiter geklettert, sondern vorübergehend sogar zurückgegangen. Unter diesen Umständen haben es

die amerikanischen Firmen offenbar vorgezogen, ebenfalls zuerst bei höheren Preisen zu holen, was zu holen ist. Und sie sind es, die den Weltmarkt beherrschen - allein der Branchenführer Solarex und die Atlantic-Richfield-Tochter Arco-Solar halten zusammen einen Anteil von über 60 Prozent.

Doch trotzdem steht die Entwicklung nicht still. In aller Welt wurden und werden richtungweisende Pilotanlagen gebaut, allein neunzehn verschiedenartige Installationen zwischen Griechenland und Dänemark mit Leistungen von 30 bis 300 Kilowatt hat die Europäische Gemeinschaft letztes Jahr fertigstellen lassen. Treibende Kraft der technischen Entwicklung sind heute japanische Unternehmen. An den jüngsten internationalen Konferenzen sind sie recht selbstbewusst aufgetreten, nachdem jahrelang nur wenig von ihnen zu hören war. Sie setzen ganz auf die dritte Generation der amorphen Silizium-Zellen. Allein Sanyo hat schon im Jahr 1981 über hundert Millionen Franken investiert. Inzwischen hat man mit der kommerziellen Produktion amorpher Zellen begonnen, sie ist jedoch noch klein und dient vor allem der Konsumelektronik (z.B. Taschenrechner). Nach Ueberwindung der letzten Schwierigkeiten wollen die japanischen Herausforderer offenbar gross einsteigen. Deshalb versuchen auch europäische und amerikanische Firmen die Entwicklung nicht zu verschlafen. Siemens verfolgt in aller Stille ebenfalls ein bedeutendes Programm für amorphe Zellen. Fachleute, wie der frühere Leiter des amerikanischen Regierungsprogramms Paul Maycock, beharren deshalb auf der Meinung, dass die Photovoltaik Anfang der neunziger Jahre auch in Industrieländern eine wirtschafltiche Methode der Stromproduktion sein wird.

Auch wenn gerade die grössten, sonst auf zentrale Grosstechnologie ausgerichteten Konzerne sich heute in der Solarzellentechnik engagieren, darf nicht übersehen werden, dass die Photovoltaik ihrem Wesen nach eine dezentrale Technik ist. Grosse Anlagen sind nicht wirtschaftlicher als kleine, im Gegenteil. Grundbaustein der photovoltaischen Generatoren sind bei allen Anlagengrössen handliche Platten (Panels), die aus Sonnenlicht direkt Strom erzeugen. Sie können beliebig zusammengeschaltet werden und brauchen über Jahre keine Wartung. Einzig die notwendigen Stromwandler und Steuerungen werden bei grösseren Anlagen im Verhältnis wohl günstiger sein. Das wird jedoch mehr als aufgewogen durch zusätzlich notwendige Infrastruktur und Uebertragungsleitungen. Ausser in den Städten kann mit Solarzellen der Strom im wesentlichen dort erzeugt werden, wo er verbraucht wird. Eine interessante Perspektive auch für die Dritte Welt.

Die Herstellung der Sonnenzellen wird jedoch vorläufig von mächtigen Grossfirmen kontrolliert. Sie konnten - meist mit Regierungshilfe - Milliarden investieren, um

innert kürzester Zeit eine neuartige Technik zu entwickeln. Sie besassen die notwendigen Kenntnisse der noch jungen Halbleitertechnik und Festkörperphysik. Sind die Herstellungsverfahren für Solarzellen jedoch einmal bekannt, so werden die eigentlichen Produktionsanlagen gar nicht einmal so teuer sein. Denn besonders kompliziert sind die angestrebten Herstellungsverfahren nicht, wenn die günstigsten Materialzusammensetzungen und technischen Kniffe ausgetüftelt sind. Mit fünfzig Millionen Franken liesse sich eine rentable Produktionsanlage bauen, die ausgehend von rohem Silizium fertige Solarzellen-Panels herstellt. Damit ist die Technik der Solarzellen weniger aufwendig als die der Verbrennungsmotoren. Seit 1981 betreibt eine Solarex-Tochter in Nyon die erste schweizerische Solarzellenfabrik, die jedoch keine fertigen Panels herstellt. Zwei Westschweizer Elektrizitätswerke und die Firma Hasler haben sich daran beteiligt. Die Schweizer Industrie ist im Zusammenhang mit der Photovoltaik in erster Linie an der Entwicklung von geeigneten Steuerungen und ganzen Systemen interessiert, zunächst vor allem für den Export.[31]

Ein wesentliches Problem des Sonnenstroms ist seine Speicherung. Er fällt je nach Sonnenschein unregelmässig an, im Sommer mehr als im Winter. In der Schweiz sind wir in der glücklichen Lage, dass kurzfristige Schwankungen sehr gut durch die Wasserkraftwerke ausgeglichen werden können. Es bleibt das Problem der Unterschiede zwischen Sommer und Winter. Bis zu einem gewissen Grad können sich hier für eine Uebergangszeit Sonnenzellen und Wärme-Kraft-Kopplungs-Anlagen, die vor allem im Winter laufen, ergänzen. Langfristig ist es unter anderem denkbar, mit Sonnenstrom dezentral (aus Wasser) Wasserstoff herzustellen, der gelagert und nach Bedarf zum Antrieb von Wärme-Kraft-Kopplungs-Anlagen eingesetzt werden kann.

Eine Elektrizitätswirtschaft im Dienste des Gemeinwohls?

Für die gesamte Volkswirtschaft wären die skizzierten Alternativen offenbar von grossem Vorteil. Für die heutige Elektrizitätswirtschaft jedoch würden sie tiefgreifende Umstellungen mit sich bringen, die überkommenen Vorstellungen und Verhaltensweisen stark zuwiderlaufen. Seit der technischen Nutzung des elektrischen Stroms sind die Kraftwerke, die Uebertragungs- und Verteilanlagen und die Stromversorgungsunternehmen immer gigantischer geworden. Gleichzeitig wurden immer mehr Bereiche des menschlichen Lebens von der Elektrizität aus dem öffentlichen Netz abhängig. Kleine Wasserkraftwerke hat man durch immer grössere ersetzt, der Strom wurde über immer längere Strecken transportiert, man zog Ueberlandleitungen mit immer höheren Spannungen, die heute riesige Elektrizitätsmengen durch ganz Europa leiten können. Man fing an, immer teurere und immer grössere Atomkraftwerke zu bauen, die ein immer aufwendigeres internationales System zur Brennstoffvor- und -nachsorge nötig machen. Die kleinen Elektrizitätswerke verloren an Bedeutung und Einfluss und gerieten in Abängigkeit der immer mächtigeren regionalen Stromversorger, die sie oft selber gegründet haben. In der Schweiz gibt es noch heute rund 1200 Werke, doch nur einige grosse Gesellschaften geben den Ton an. Im Ausland sind die Elektrizitätsunternehmen noch wesentlich grösser. Die Elektrizitätswirtschaft hat sich zu einem politischen Machtfaktor entwickelt, der sich weitgehend verselbständigt hat.

Offensichtlich stösst die Entwicklung einer immer zentraleren Versorgungstechnik heute an wirtschaftliche Grenzen. Setzte man die effizientere Nutzung des Stroms, Wärme-Kraft-Kopplung und Photovoltaik in grossem Masse ein, dann würden die Verbraucher wieder unabhängiger, die kleinen kommunalen Werke gewännen an Bedeutung und die grossen Stromproduzenten, die heute die Szene bestimmen, sähen ihren Einfluss schwinden. Mehr und mehr würde es ihre Aufgabe, Strom, den andere produziert haben, weiterzuleiten, Unregelmässigkeiten auszugleichen. Unternehmerisches Machtdenken steht dem heute noch entgegen. Dabei sind die schweizerischen Elektrizitätswerke zum grössten Teil im Besitz der Oeffentlichkeit und sollten eher die vielfältigen Aspekte des Gemeinwohls als eindimensional ihr eigenes Wachstum im Auge behalten.

Die technisch-wirtschaftliche Entwicklung drängt im Energiebereich in Richtung vielfältiger dezentraler Lösungen. Die Einsicht setzt sich durch, dass es nicht mehr nur darum gehen kann, in grossen Anlagen möglichst viel Strom, Oel, Kohle oder Gas zu produzieren. Das Problem ist komplexer geworden. Die Bemühungen um Einsparung und bessere Nutzung von Energie haben Architektur, Raumplanung, Geräte- und Produktionstechnik, alle Bereiche, die mit dem Verbrauch von Energie etwas zu tun haben, mit der Energiediskussion in Verbindung gebracht. Auch die früher viel klarere Aufteilung zwischen Strom und anderen Energieträgern verwischt sich: mit dem Aufkommen von Wärme-Kraft-Kopplung und Wärmepumpen ist es nötig geworden, Produktion und Verbrauch von Wärme und Strom in engem Zusammenhang zu betrachten.

Ich könnte mir vorstellen, dass die öffentlichen Elektrizitäts- und Gaswerke hier im Interesse der gesamten Volkswirtschaft in eine neue vielfältigere Rolle hineinwachsen. Kommunale Werke, die nicht auf Wachstum des Verbrauchs ausgerichtet sind, könnten umfassende Energiedienstleistungen erbringen. Sie würden wie bisher Strom und Gas anbieten, aber auch Nahwärme aus eigenen Wärme-Kraft-Kopplungs- und Wärmepumpenanlagen. Sie würden ihr Netz zur Einspeisung und Durchleitung von privat erzeugtem Strom zur Verfügung stellen und die zentrale Steuerung übernehmen. Vor allem aber sollten sie in allen Energiefragen Beratung anbieten, unter Umständen Planungen und Wartung von privaten Anlagen durchführen und bei der Finanzierung von energiesparenden Investitionen behilflich sein. Mit einem anderen Selbstverständnis könnte die Elektrizitätswirtschaft dafür sorgen, dass die riesigen Finanzmittel, die heute in zentrale Versorgungssysteme fliessen, für wirtschaftlichere und umweltfreundlichere dezentrale Investitonen verfügbar werden. Unübliche Rechtsformen und Abrechnungsmethoden müssten hier genutzt und weiterentwickelt werden.

Einige Werke, wie die von Basel-Stadt, Schaffhausen oder vom Kanton Freiburg entwickeln sich schon deutlich in diese Richtung. Wie wir im nächsten Kapitel sehen werden, haben sich unter dem Druck der wirtschaftlichen Notwendigkeiten besonders in den Vereinigten Staaten einige grosse öffentliche Versorgungsunternehmen zu einer grundlegenden Abkehr von ihrer bisherigen eingleisigen Expansionspolitik entschlossen.

7. Elektrizitätspolitik im Ausland

Vereinigte Staaten: Abschied vom Wachstum

Der Rückgang der Steigerungsraten beim Stromverbrauch, die massiven Kostensteigerungen bei der Atomenergie und die neuentdeckten Möglichkeiten der Stromeinsparung zwingen die amerikanische Elektrizitätswirtschaft heute zu einer grundlegenden Umorientierung ihrer Politik. Anfang der siebziger Jahre wurde in den USA noch ein jährlicher Zuwachs des Elektrizitätskonsums von 7 Prozent registriert, heute sind es noch zwischen 1 und 3 Prozent. 1982 fiel die Spitzenlast zum erstenmal seit 1946, und das um vier Prozent. 1983 wird sie wohl noch niedriger gewesen sein. Die nicht ausgenützte Reserveleistung der amerikanischen Kraftwerke ist damit auf über 42 Prozent geklettert. Trotz der massiven Abbestellung von Kraftwerken werden die Ueberkapazitäten wohl weiter anwachsen. Nach den Plänen von Anfang 1983 sollte die verfügbare Leistung der Stromproduzenten bis 1987 noch um 13 Prozent steigen.[1]

Nicht nur das kleinere Wirtschaftswachstum, sondern vor allem auch der starke Anstieg der Strompreise haben dazu beigetragen, dass der Elektrizitätsverbrauch heute weniger wächst. Zwischen 1947 und 1973 sanken die realen (inflationsbereinigten) Elektrizitätskosten um 3 bis 4 Prozent im Jahr und das Wachstum des Bruttosozialprodukts betrug jährlich 3 bis 4 Prozent. Von 1973 bis 1982 lag das Wirtschaftswachstum dann mit 2 Prozent etwas niedriger, vor allem aber kletterten jetzt die Strompreise, und das um jährlich real 6 Prozent. Wegen der gleichzeitig massiven Verteuerung von Oel und Gas stiegen viele Verbraucher vor allem bei der Raumheizung auf Strom um. Trotzdem verzeichnete die Elektrizität in dieser Zeit nur eine Steigerungsrate von zwei Prozent. Man hatte angefangen, sie besser zu nutzen. Gegenwärtig, und das wird in den achtziger Jahren so weitergehen, steigen die Preise beim Strom weit stärker an als bei Oel und Gas,

während das Wirtschaftswachstum relativ schwach bleibt (der gegenwärtige Aufschwung wird kaum lange anhalten). Der Energieexperte Komanoff sagt deshalb ein Fallen des Stromverbrauchs um jährlich ein Prozent voraus, das bis in die neunziger Jahre andauern könnte. Der Prognostiker Dale W. Steffes erwartet gar einen doppelt so schnellen Rückgang.[2]

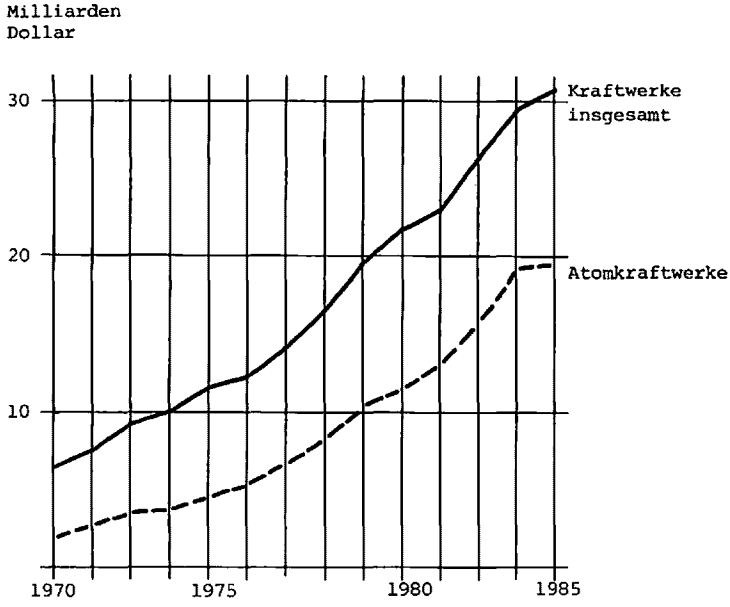
In den siebziger Jahren war der Anstieg der Strompreise vor allem auf die Verteuerung der fossilen Brennstoffe zurückzuführen. Die massiven Kostensteigerungen beim Atomstrom, der heute erst 13 Prozent der gesamten Elektrizitätserzeugung ausmacht[3], haben nur zum kleineren Teil dazu beigetragen. In den kommenden Jahren aber werden die Kosten der immer teureren Atomkraftwerke voll auf den Preis der Elektrizität durchschlagen. Anders als bei uns dürfen Kraftwerke in den Vereinigten Staaten während des Baus meist nicht über die Stromtarife finanziert werden, erst mit Betriebsbeginn gehen ihre Kosten in die Strompreisberechnung ein. Die kostspieligen Bauten der letzten Jahre wirken sich also nach und nach jetzt erst auf die Tarife aus. Das führt mancherorts zu einer heftigen Verteuerung.[4]

Am unangenehmsten wird der Schock bei der Long Island Lighting Company sein, wenn sie ihr 3,2 Milliarden Dollar teures Kernkraftwerk Shoreham in Betrieb nimmt. Die Tarife könnten in den ersten drei Betriebsjahren um insgesamt 45 Prozent angehoben werden, nachdem sie schon in der vergangenen Dreijahresperiode um 28 Prozent geklettert sind. Dabei wird der Strom vor Ende der achtziger Jahre gar nicht gebraucht. Mehrere Dutzend Elektrizitätsunternehmen sehen sich in den nächsten Jahren ähnlichen Problemen gegenüber, berichtetete letztes Jahr das Wirtschaftsmagazin Business Week. Das Kernkraftwerk Callaway in Fulton, Montana, wird die Tarife der Union Electric C. um 40 Prozent emporschnellen lassen, bei der Illinois Power Co. wird das Clinton-Kraftwerk 25 Prozent ausmachen. Die Anlage Grand Gulf der Middle South Utilities könnte die Strompreise im Mittel um 11 und in New Orleans um 50 Prozent in die Höhe treiben. Dort wollen erboste Bürger erreichen, dass die Gemeinde das private Versorgungsunternehmen übernimmt. Solch extreme Teuerungsraten hat nur eine Minderheit der Elektrizitätswerke zu verzeichnen, doch führt die hier am deutlichsten ausgeprägte Tendenz zu einem allgemeinen Umdenken. "Das riesige Bauprogramm, dem wir heute gegenüberstehen, hat unserer Industrie geschadet", sagt heute Dan D. Jordan, der Präsident des Forschungsinstituts der amerikanischen Elektrizitätwirtschaft, Electric Edison Institute, und gleichzeitig Vorsitzender der Houston Lighting & Power Co. "Das Beste für uns wäre kein Wachstum".[5]

Abb. 7.1.

KAPITALHUNGRIGE ATOMENERGIE

Ausgaben der amerikanischen Elektrizitätswirtschaft für neue Kraftwerke 1970 - 1983.



Quelle: Flavin (1983) S. 36

Für Gesellschaften, deren Kapazität ausgelastet ist oder die alte Gas- und Oelkraftwerke stillegen wollen, ist die Einsparung von Energie zu einer interessanten Alternative geworden. Eine Reihe von neuen amerikanischen Studien hat bestätigt, dass die Möglichkeiten zur Einsparung von Elektrizität sehr gross und günstig sind. Das US Solar Energy Research Institute schätzte 1981, dass wirtschaftliche Investitonen selbst bei einem unwahrscheinlichen Wirtschaftswachstum von 4 Prozent im Jahr die Zunahme des Stromverbrauchs für den Rest des Jahrhunderts auf ein halbes Prozent jährlich senken können.[6] Als Reaktion auf die Probleme mit der Atomenergie im Nordwesten der Vereinigten Staaten (zum Debakel der WPPSS siehe Kapitel 2) gab der amerikanische Kongress den "Northwest Conservation and Electric Power Plan" in Auftrag. Die Studie kam 1983 zum

Schluss, dass mit besserer Energienutzung der Stromverbrauch in dieser Region für den Rest des Jahrhunderts auf dem heutigen Niveau gehalten werden kann.[7] Eine Untersuchung des "American Council for an Energy-Efficient Economy" schliesslich ging möglichen Einsparungen bei den Haushaltgeräten nach. Mit dem Ersetzen der heutigen Apparate durch effizientere Geräte, die 1983 schon auf dem Markt zu haben waren, könnte eine Stromerzeugungskapazität von 64'000 Megawatt eingespart werden -mehr als alle amerikanischen Atomkraftwerke, die 1983 in Betrieb waren. Allein durch den Uebergang zu effizienteren Kühlschränken würden dreizehn grosse Kernkraftwerke überflüssig.[8]

Die amerikanische Elektrizitätswirtschaft beginnt langsam, diese Möglichkeiten zu nutzen. 1983 ergab eine Umfrage bei 120 Stromunternehmen, dass drei Viertel von ihnen eigentliche Energiesparprogramme haben. Einige vergeben Kredite oder sogar Zuschüsse für Wärmedämmung und bessere Fenster. Andere leihen Geld aus für den Kauf von effizienteren Geräten. Zusammengenommen schätzten die befragten 120 Gesellschaften, dass energiesparende Investitionen ihren Bedarf an zusätzlicher Kraftwerkskapazität im nächsten Jahrzehnt um 30'000 Megawatt senken werden. Die dazu erforderlichen Aufwendungen von 6,6 Milliarden Dollar sind sechsmal niedriger als die Kosten von entsprechenden neuen Kernkraftwerken.[9]

Vielerorts, aber nicht überall sind die seit jeher auf Expansion eingestellten Elektrizitätswerke von selbst auf den neuen Kurs eingeschwenkt. Die staatlichen Aufsichtskommissionen, die die Tarife der meist privaten Stromunternehmen genehmigen müssen, haben in einigen Bundesstaaten Energiesparprogramme verlangt, damit die Strompreise niedrig gehalten werden können. Weil ihnen weiterhin ansehnliche Dividenden garantiert werden, sind die Aktionäre nicht unbedingt unglücklich darüber.[10]

Ein bedeutendes Beispiel für die neue Elektrizitätspolitik ist die Tennessee Valley Authority TVA, der grösste Stromproduzent der Vereinigten Staaten. Diese mächtige Behörde war 1933 unter Präsident Roosevelt gegründet worden, um das von der Depression besonders schwer getroffene, 650 Meilen lange Tennessee-Tal zu entwickeln. Sie sollte aufforsten, die Bodenerosion stoppen und vor allem den immer wieder über die Ufer tretenden Tennessee River regulieren und schiffbar machen. In den folgenden Jahrzehnten entwickelte sich diese mit weitreichenden Kompetenzen ausgestattete Organisation vor allem zu einem riesigen Kraftwerkkonzern, dem grössten der USA. Zu den neunundvierzig Wasserkraftwerken kamen später eigene Kohleminen im Tagebau und vierzehn grosse Kohle- und Kernkraftwerke hinzu. Als Präsident Carter zwei der drei Direktoren neu ernannte, begann

sich die Politik des "grössten einzelnen Luft-, Wasser- und Landverschmutzers Amerikas" (Sierra Club) zu ändern. Neben vielfältigen anderen Massnahmen begann die TVA 1977 mit einem Energiesparprogramm. Bis 1981 wurde die Wärmedämmung in 490'000 Wohneinheiten verbessert, bis 1986 sollen es 550'000 (22 % der Kunden) sein. Dies wird eine Kraftwerkskapazität von 1'100 Megawatt einsparen. Eine Untersuchung aus dem Jahr 1980 zeigt, dass rund 25 Prozent Einsparung bei den Wärmekunden und 13 Prozent bei der Klimatisierung erreicht wurden. Die Kosten des TVA-Programms werden mit 219 Millionen Dollar angegeben, der erwartete Nutzen mit 571 Millionen.[11]

Seit Oktober 1982 bietet die TVA noch attraktivere Finanzierungen für Kunden an, die Wärmedämmung, Wärmepumpen und Sonnenenergie- oder Holzfeuerungsanlagen installieren wollen. Es werden zinsfreie Darlehen bis zu 1'200 Dollar gewährt, die innert sieben Jahren zurückgezahlt werden müssen. Dazu kommen Kredite bis zu 3'800 Dollar zum Zinssatz, den die TVA selber für geliehenes Geld zahlen muss, er liegt vier bis sieben Prozent unter den üblichen Banksätzen. Dieses Geld muss innert zehn Jahren zurückbezahlt werden. Im recht neuen Bereich der Sonnenenergie kontrolliert und garantiert die TVA die Qualität der von privaten Handwerkern installierten Anlagen.

"Unser Hauptziel bleibt eine angemessene Versorgung mit Elektrizität zu tiefstmöglichen Tarifen", sagt Robert C. Steffy jr., der für Energieeinsparungen und Tarife zuständig ist. "Die Leute hören uns von Einsparungen reden, und sie glauben wirklich, dass die TVA die Pferde gewechselt hat, dabei stimmt das nicht. Es ist einfach so, dass die Wirtschaftlichkeit von Stromversorgungssystemen sich umgekehrt hat. Die Kapitalkosten gehen so schnell hinauf, die Zinssätze und die Kosten für neue zusätzliche Kapazität sind so hoch, dass die Tarife steigen, anstatt zu fallen, wenn ein neues Kraftwerk dazukommt. Weitaus die billigste Alternative sind Einsparungen und zulernen, wie man Elektrizität effizienter nutzen kann."[12]

Eine zunehmend wichtige Rolle spielen in den Vereinigten Staaten auch dezentrale Möglichkeiten der Stromerzeugung. Im Vordergrund stehen heute kleine Wasserkraftwerke, Wärme-Kraft-Koppelung und langsam auch Windkraftwerke. So fordert zum Beispiel die General Public Utilities, die ausser dem havarierten Reaktor in Harrisburg noch eine Reihe weiterer Kernkraftwerke besitzt, ihre Industriekunden auf, die Heizanlagen auf Wärme-Kraft-Koppelung umzurüsten. "Es ist unvorstellbar, dass wir in den 90er Jahren die gleiche Art von Kraftwerken bestellen werden wie in den Siebzigern", sagt Hugh G. Parris, Kraftwerksmanager der TVA.

Tab. 7.1.

ATOMSTROM IST BESONDERS TEUER:
Geschätzte Kosten für Elektrizität aus neuen Anlagen

Energiequelle	1983	1990
	(US-Cents pro Kilowattstunde)*	
Atomenergie	10-12	14-16
Kohle	5-7	7-9
Kleine Wasserkraftwerke	8-10	10-12
Wärme-Kraft-Kopplung	4-6	4-6
Biomasse	8-15	7-10
Wind	12-20	6-10
Photovoltaik	50-100	10-20
Stromsparende Techniken	1-2	3-5

*in 1982er Dollars

Quelle: Flavin (1983) S. 59

Besonders weit fortgeschritten im Bereich der alternativen Stromproduktion ist die Southern California Edison Co. Bis zur Jahrhundertwende will sie einen ansehnlichen Teil ihres Stroms mit Windkraftwerken und Solarzellen erzeugen. Vizepräsident Bjorklund sagt: "Das Zeitalter des Dinosauriers, des grossen zentralen Kraftwerks mit Planungs- und Bauzeiten von zehn bis fünfzehn Jahren, ist wohl vorbei."[13]

Frankreich hat die Wahl: Atomenergie oder Wirtschaftsaufschwung

In Frankreich waren in den siebziger Jahren grosse Hoffnungen auf die Atomenergie geweckt worden. Das knapper und teurer werdende Importöl, von dem man befürchtete, dass ein neues Embargo die Landesversorgung schwer beeinträchtigen könnte, sollte durch die einheimische, französische Atomenergie ersetzt werden. Zunächst sollten normale Reaktoren im Vordergrund des ambitiösen Kernkraftwerkprogramms stehen, später Schnelle Brutreaktoren dafür sorgen, dass das französische Uran bis weit in die Zukunft ausreicht. Billiger Atomstrom würde der französischen Industrie zu einem Aufschwung verhelfen, anstatt Oel zu importieren könne Frankreich dereinst seine hochentwickelte Kernenergietechnik, entsprechende Ausrüstungen und Dienstleistungen exportieren, hiess es damals. Ein gutes Jahrzehnt nach dem ersten Erdölschock sieht die Lage recht anders aus. Weltweit und auch in Frankreich ist das Wirtschaftswachstum seit mehreren Jahren und wohl auf die Dauer zurückgegangen, höhere Energiepreise haben zu einer besseren Nutzung geführt. Der Energieverbrauch ist deshalb weit weniger angestiegen als ursprünglich angenommen. Auch die Lage auf dem Erdölmarkt hat sich deshalb entschärft.

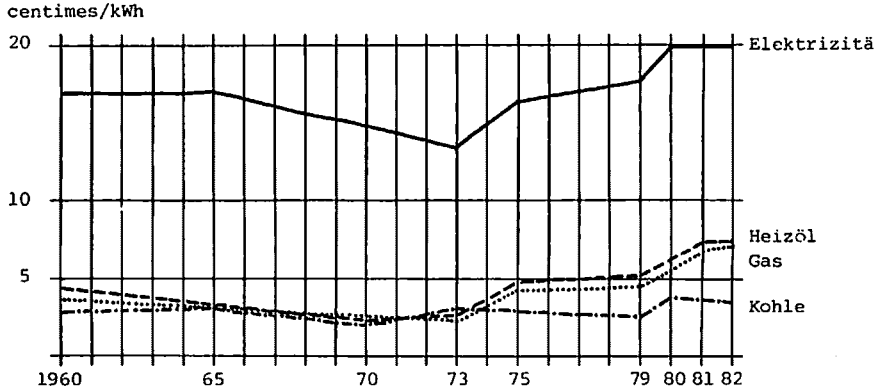
Vor allem aber sind die Erfolge des französischen Atomenergieprogramms, das eine kräftezehrende nationale Anstrengung erforderte, energiewirtschaftlich betrachtet recht bescheiden geblieben.[14] Zwischen 1973 und 1981 ist der Stromkonsum in Frankreich um 50,8 Prozent gestiegen. Der Verbrauch an Erdöl nahm in dieser Zeit zwar um 21,2 Prozent ab, doch die Europäischen Gemeinschaften erreichten mit weniger Aufwand eine fast ebenso grosse Reduktion von 20,2 Prozentpunkten. Der Elektrizitätskonsum stieg bei ihnen nur um 25 Prozent, und auch der Gas- und Kohleverbrauch kletterte weniger als in Frankreich (41,8 statt 68,8 % und 1,9 statt 9,5 %).[15] Der Ersatz von Oelkraftwerken durch Atomkraftwerke brachte tatsächlich eine merkliche Senkung des Erdölverbrauchs. Doch die Substitution von anderen Energieträgern durch die Elektrizität kommt nicht recht voran und behindert, wie die Zahlen zeigen, offenbar vor allem die effizientere Nutzung der Energie (siehe auch Kapitel 4).

Zur grossen Enttäuschung der französischen Planer blieben vor allem die Bemühungen weitgehend erfolglos, die französische Industrie zum Ersatz von Erdöl durch Strom zu bewegen. Zwischen 1973 und 1982 steigerte sie ihren Elektrizitätsverbrauch um ganze acht Prozent, das entspricht gerade einem grossen Kernkraftwerk von 1300 Megawatt.[16] Die französische Industrie kann eben rechnen. Für die Wärmeproduktion lohnt es sich nicht, Elektrizität einzusetzen: immer noch - wie schon in den sechziger Jahren - ist eine Kilowattstunde Strom rund 13 Centimes teurer als die entsprechende Menge Oel (siehe Abb. 7.2.).

Abb. 7.2.

DER STROM BLIEB TEURER:

Entwicklung der Energiepreise für die französische Industrie



Quelle: Lenoir/Orfeuil (1983)

Seit 1976 war die Direktion der EDF über diese Zurückhaltung beunruhigt. Anstatt die Konsequenzen daraus zu ziehen, schafften die Verantwortlichen des Atomprogramms Abteilungen, die neue Anwendungen für die Elektrizität entwickeln sollten. Um bei der Industrie für diese Möglichkeiten zu werben, heuerten sie ein ganzes Heer von Ingenieuren an. Zwischen 1978 und 1982 stieg ihre Zahl von 250 auf 600, doch der Erfolg blieb bescheiden: eine Verbrauchssteigerung von jährlich nur einem Prozent. 1982 sank der industrielle Verbrauch gar wieder um 1,7 Punkte. Doch die EDF gibt nicht auf; im April 1983 beschloss sie eine neue Werbekampagne, die vielfältigen Aktivitäten zur Beratung der Industrie wurden neu organisiert. 1983 betrug das Werbebudget der EDF 400 Millionen Francs. Wenn man optimistisch

annimmt, bemerkte die Zeitschrift Science et Vie bösartig, dass der industrielle Stromverbrauch 1983 um eine Milliarde Kilowattstunden oder knapp ein Prozent ansteigt, dann hat die Werbung für jede neu verkaufte Kilowattstunde 40 Centimes, das heisst 35 Prozent mehr gekostet, als die Industrie dafür zahlt. Und 40 Centimes ist gerade die notwendige Investition, um heute im industriellen Sektor dauerhaft eine Kilowattstunde einzusparen.

Um weitere Kraftwerke auszulasten, reichen auch diese Anstrengungen nicht aus. Als der französische Ministerrat letzten Sommer beschloss, das nukleare Bauprogramm zu reduzieren und 1984 und 1985 noch je zwei Kernkraftwerke in Auftrag zu geben, ordnete er gleichzeitig an, das Werbebudget von 400 Millionen auf eine Milliarde Francs (rund 260 Millionen Schweizerfranken) zu erhöhen. Eine neutrale Energieberatung mit diesem Aufwand wäre ja ausserordentlich sinnvoll, doch haben die Werber den - wohl unerfüllbaren - Auftrag, den Stromverbrauch um 5 Milliarden Kilowattstunden im Jahr zu steigern.

Mit grossem Aufwand wird hier versucht, die Verbrauchsstruktur den Fehlplanungen des Staates anzupassen. Das muss die Effizienz der französischen Volkswirtschaft langfristig beeinträchtigen, erst recht weil der Atomstrom nicht billiger, sondern teurer wird. Zahlen müssen vor allem die kleinen Konsumenten und die Steuerzahler. Während die Erfolge der Verkaufsförderer bei der Industrie, die den Strom gleichmässig über das ganze Jahr bezieht, eher bescheiden sind, steigt der Stromkonsum besonders bei den Elektroheizungen. Das Verhältnis zwischen Spitzen- und Grundlast verschlechtert sich. Die Atomkraftwerke, die schon heute rund die Hälfte des französischen Stroms liefern, müssen deshalb zeitweise stillstehen. Dies ist mit einer der Gründe, warum die mittlere Auslastung der deutschen Kernkraftwerke 1982 gut 30 Prozent höher war als die der französischen.

Schwerwiegender für die französische Volkswirtschaft scheint jedoch, dass die Atomwirtschaft heute ungeheure Kapitalmengen beansprucht, die in anderen Sektoren fehlen. Wie schon in Kapitel 2 erwähnt, machen allein die Investitionen der EDF 23 Prozent aller Investitionen des Industriesektors aus und haben wesentlich zur hohen Auslandsverschuldung Frankreichs beigetragen. Dazu kommen noch die beträchtlichen Kapitalaufwendungen des Atomenergiekommissariats CEA für die Anreicherungs- und Wiederaufbereitungsanlagen. Die kritischen Energieexperten Yves Lenoir und Jean-Pierre Orfeuil vom "Groupe Energie et Développement" sind der Ansicht, Frankreich stehe heute vor der Alternative "Atomenergie oder Wachstum". Diese zwei Begriffe habe man bisher immer miteinander in Verbindung gebracht, heute jedoch seien sie nicht mehr vereinbar.[17]

Die von ihnen präsentierten Statistiken zeigen die folgenschwere Verlagerung der Investitionen: Anfang der siebziger Jahre wurden im schnell wachsenden Energiebereich etwa dreissig Prozent der Wertschöpfung investiert, in der übrigen Industrie waren es siebzehn Prozent. Bis 1982 war die Investitionsrate im Energiesektor (ohne Brennstoffkreislauf!) auf über 50 Prozent geklettert, in der restlichen Industrie dagegen auf 12 Prozent abgesunken. Gleichzeitig konnte die EDF ihren Anteil an den Energie-Investitionen von 44 auf 55 Prozent steigern. Die abnehmende Wettbewerbsfähigkeit der französischen Industrie sei wesentlich auf ihre sinkenden Investitionen zurückzuführen, meinen die beiden Forscher, und belegen das mit einer Aufschlüsselung nach Branchen. Auf diese Weise hat die Entwicklung einer "nationalen" Energiequelle sich nicht positiv, sondern negativ auf die Handels- und Zahlungsbilanz, auf die Unabhängigkeit der Grande Nation ausgewirkt.

Kein Wunder, dass angesichts solcher Entwicklungen auch die Experten in der französischen Planungsbürokratie unruhig werden. Wie schon berichtet, kam Anfang 1983 eine vom Planministerium eingesetzte Kommission zum Schluss, dass wegen der bestehenden und in Bau befindlichen Ueberkapazitäten erst zwischen 1987 und 1991 ein neues Atomkraftwerk in Auftrag gegeben werden sollte.[18] Im Rahmen der Vorbereitungen für den achten Wirtschaftsplan untersuchte 1980 der "Rapport Crémieux" eingehend die Möglichkeiten und Auswirkungen einer Politik der Energieeinsparung.[19] Gegenüber dem Trend der Entwicklung könnte 1990 etwa ein Viertel des Energieverbrauchs eingespart werden, schätzte dieser Bericht. Damals galt noch das ehrgeizige nukleare Bauprogramm, das bei einer Inbetriebnahme von sechs Kernkraftwerken im Jahr für 1990 eine Atomstromproduktion von rund 900 Milliarden Kilowattstunden vorsah. Die für möglich gehaltenen Energieeinsparungen lagen kaum tiefer. Dazu der Bericht: "si l'on ne s'attaque pas aux gaspillages, on peut considérer que l'on aura fait le nucléaire pour rien". ("Wenn man den Verschwendungen nicht entgegentritt, kann man zum Schluss kommen, dass man die Atomenergie für nichts gemacht hat.")

Die Investitionskosten für die Atomkraftwerke und für die Energiesparstrategie sind den staatlichen Planern zufolge mit 45 Milliarden Francs etwa gleich hoch. Bei der Kernenergie kommen aber noch die erheblichen Kosten für den Brennstoffkreislauf (besonders Anreicherung und Wiederaufbereitung) sowie die Betriebskosten hinzu, während Investitionen zur Verbrauchssenkung kaum zusätzlichen Unterhalt benötigen. Computersimulationen mit dem Wirtschaftsmodell des Nationalen Statistik-Instituts haben ergeben, dass Investitionen zur Senkung des Energieverbrauchs besonders geeignet sind, das Wachstum der gesamten Wirtschaft zu fördern und mehr Arbeitsplätze schaffen, besser als Investitionen in die Energie-Produktion.[20]

8. Atomenergie schadet der Wirtschaft

Ein kostspieliges Steckenpferd: Der Einsatz für die Kernkraft verzögert das Energiesparen

Wie wir gesehen haben, ist die Atomenergie aus neuen Kraftwerken schon heute teurer als andere Energien. Und ihre Kosten steigen weiterhin steil an. Die Einsatzmöglichkeiten des Stroms sind aus wirtschaftlichen Gründen begrenzt und die direkte Nutzung der nuklearen Wärme wäre ein kostspieliges Unterfangen, das langfristige Abhängigkeiten schafft. Auch wenn ausserordentliche Anstrengungen unternommen werden, kann die Atomenergie den Verbrauch an fossilen Brennstoffen nicht wesentlich senken. Viel wirksamer und gleichzeitig bedeutend günstiger ist die bessere Nutzung der Energie, die dann zu einem wachsenden Teil aus regenerierbaren Quellen stammen kann. In den letzten Jahren hat eine ganze Reihe von Untersuchungen angesehener Institutionen dargelegt, dass eine auf diese Ziele ausgerichtete Politik für die gesamte Wirtschaft von Vorteil wäre.[1]

International am meisten beachtet wurde wohl der 1979 erschienene Energie-Report der Harvard Business School - der renommiertesten Wirtschaftshochschule der westlichen Welt. Darin hiess es: "Wahrscheinlich geht die durch Kernkraftwerke erzeugte Energie in den kommenden zehn Jahren sogar zurück. Aus diesem Grund ist man nicht gut beraten, sich auf die Kernkraft zu verlassen, um für den Rest des Jahrhunderts von Oelimporten wesentlich unabhängiger zu werden". Wegen Umweltproblemen und hohen Erschliessungskosten erwarteten die Forscher auch von der Kohle nicht viel. Die Lösung lag für sie vor allem im effizienteren Einsatz der vorhandenen Energie: "Wenn sich die Vereinigten Staaten ernsthaft zu Sparmassnahmen verpflichten würden, könnte der gegenwärtige Energieverbrauch ohne weiteres um 30 bis 40 Prozent gesenkt werden, und das bei konstantem oder sogar weiter wachsendem Lebensstandard."

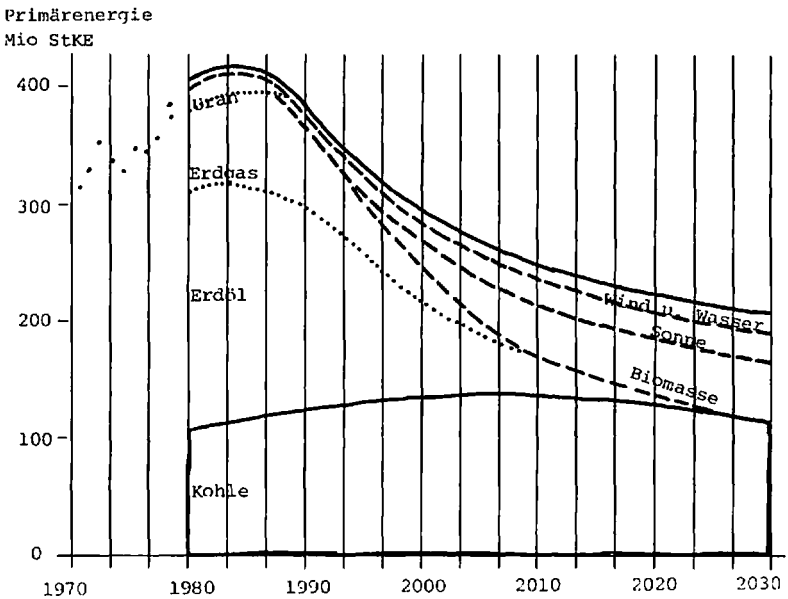
Die herrschende Struktur der Energiepreise, schloss die Forschergruppe aus Harvard aus eingehenden Untersuchungen, fördere einseitig den Energieverbrauch und führe zu volkswirtschaftlichen Fehlentscheidungen. "Wir sind für Vertrauen in die Marktkräfte", schrieben sie, "Wir halten ein immer dichteres System staatlicher Eingriffe nicht für die richtige Antwort auf die Energieprobleme, vor die wir uns gestellt sehen. Aber wenn der Markt diese Probleme lösen soll, müssen seine Verzerrungen korrigiert werden, so dass alle Energiequellen auf gleicher ökonomischer Basis miteinander konkurrieren können." Der Energieeinsparung und der Sonnenenergie müsse eine "faire Chance" eingeräumt werden. Das einzig lebensfähige Programm zur Verringerung der Erdölabhängigkeit der USA liege in finanziellen Anreizen seitens der Regierung. Der Umfang der vorgeschlagenen Subventionen ist beträchtlich, so sollten zum Beispiel bei der energietechnischen Sanierung von Altbauten die Hälfte der Kosten vom Staat übernommen werden. Gestützt auf Gespräche mit Hunderten von Kontaktpersonen aus Wirtschaft und Wissenschaft traten die Harvard-Professoren den vorherrschenden Ansichten entschlossen entgegen: "Es ist wahrhaftig an der Zeit, dass sich die Nation auf dem Gebiet der Energieeinsparung ein vernünftiges Ziel setzt. Zuallermindest sollte es unser Ziel sein, den Energieverbrauch in den achtziger Jahren nicht zu erhöhen... Dies wäre dann kein uns aufgezwungenes Energie-Nullwachstum mit all seinen negativen Konsequenzen, sondern Energie-Nullwachstum als bewusst herbeigeführte politische Massnahme zur Steigerung des Wirtschaftswachstums – produktive Einsparung. Die traditionelle Wirtschaftstheorie, die von veralteten Daten ausgeht, verwirft diesen Gedanken als Phantasterei. Wir antworten darauf, dass solche konventionellen Analysen erschreckend wenig mit der Realität zu tun haben."[2]

Heute - fünf Jahre später - sind diese Vorstellungen nicht mehr gar so ungewöhnlich. Eine entschlossene Energiepolitik, die der effizienteren Energienutzung eine "faire Chance" gibt, fehlt nach wie vor jedoch fast überall. Der wirtschaftliche Druck ist gegenwärtig auch weniger gross, nachem sich die Lage am Erdölmarkt entspannt hat. Vor allem bei uns in der Schweiz versucht man sich mit einem sowohl-als-auch durchzuwursteln: Energiesparen ist wichtig, heisst es, man gibt inzwischen auch zu, dass die Möglichkeiten sehr gross sind. Aber an der Atomenergie wollen die offizielle Politik und die Wirtschaftsverbände trotzdem festhalten. "Wir brauchen alle Energien, also auch die Kernenergie, aber auch das Energiesparen. Es darf jedoch nie eine Konkurrenz zwischen der Bereitstellung der Energie und dem Energiesparen geben, sondern immer nur ein sowohl-als-auch", sagte kürzlich der Direktor des Bundesamtes für Energiewirtschaft, Eduard Kiener, am Festakt zum 25. Jahrestag der Gründung der Schweizerischen Vereinigung für Atomenergie und schloss mit den Worten: "Wir hoffen, dass die Nuklearindustrie allen Widerwärtigkeiten zum Trotz eine erfolgreiche Zukunft haben möge."[3]

Doch die Konkurrenz ist da, sie leugnen heisst, den Kopf in den Sand stecken. Sie ist bei praktisch allen energiepolitischen Entscheidungen offensichtlich: wenn es um die Verteilung der knappen Forschungsgelder, um den Bedarf für Kaiseraugst, um Stromtarife oder um Investitionsentscheide der öffentlichen Elektrizitätswerke geht. Und meistens zieht heute noch das Energiesparen den Kürzeren. Der weitere Ausbau der Atomenergie und eine konsequente Politik der besseren Energienutzung sind unvereinbar. Wir haben an vielen Beispielen gesehen, wie die Kernenergie eine verbrauchsfördernde Politik nach sich zieht und Abhängigkeiten schafft, die die Entwicklung von Alternativen erschweren. Die bis heute behinderte Realisierung der volkswirtschaftlich rentablen Energieeinsparungen würde nicht nur einen beträchtlichen Teil des Erdöls, sondern auch die Atomenergie ganz einfach überflüssig machen.[4]

Abb. 8.1.

ENERGIEVERSORGUNG OHNE ATOMKRAFT UND ERDOEL
Szenario des Oeko-Instituts für die Bundesrepublik Deutschland



Quelle: Krause, Bossel, Müller-Reissmann(1979)

Um die klar ausgewiesenen gesamtwirtschaftlichen Vorteile der effizienten Energienutzung voll auszuschöpfen, müssten beim Staat und den öffentlichen Versorgungsunternehmen grundlegende Entscheide fallen. Die beiden Wege benötigen jeder für sich nicht nur einen beträchtlichen Kapitalaufwand, sondern auch ganz unterschiedliche Entscheidungsstrukturen und Vorgehensweisen. Schon die Art, an das Problem heranzugehen, ist verschieden. Bisher hat man sich zielgerichtet auf den Aufbau von grossen zentralen Versorgungssystemen konzentriert, auf ihre technische und wirtschaftliche Machbarkeit, sie sollten einfach möglichst viel, möglichst billige Energie liefern. Für die einheitlichen Systeme wurden klare Organisationsstrukturen mit zentralen Entscheidungskompetenzen geschaffen. Das Geld der Kunden und Steuerzahler floss in wenige Kassen und wurde in grossen Brocken ausgegeben. Der andere Weg dagegen setzt beim Verbraucher an. Von vornherein sollte im Einzelfall das zusammenhängende Gewebe von Bedürfnissen, verschiedenen Nutzungstechniken, Energieträgern, vorhandenen Anlagen und Bauten, lokalen Besonderheiten und Möglichkeiten betrachtet werden. Der Entscheidungsträger sind viele; neue Wege der Finanzierung müssen gesucht werden.

Die Unmöglichkeit, diese Vorgehensweisen in einer offiziellen Politik zu vereinbaren, hat dazu geführt, dass vielfach von der Wahl zwischen dem "harten" und dem "sanften Weg" gesprochen wurde. Die Entwicklung der letzten Jahre hat aber gezeigt, dass es sich hier nicht um eine freie Entscheidung handelt, dass wir uns vielmehr in einer Uebergangsphase befinden. Die Macht der Planer wurde auch von ihren Kritikern überschätzt. Beim Erdöl - dem wichtigsten Energieträger - haben die Preiserhöhungen in den Industriestaaten zu einer wesentlichen Reduzierung des Verbrauchs beigetragen. (Zwischen 1973 und 1981 ist in den OECD-Ländern der Primärenergieverbrauch an fossilen Brennstoffen bezogen auf das Bruttosozialprodukt um 18 Prozent gesunken.) Die Herstellung von synthetischem Oel aus Teersand und Oelschiefer musste weitgehend aufgegeben werden, zahlreiche Raffinerien werden abgerissen, Tanker verschrottet.[5] Auch ohne eine "faire Chance" sind die Energiesparmassnahmen weit stärker zum Tragen gekommen, als die Planer erwartet hatten - weit weniger natürlich als gesamtwirtschaftlich wünschbar und rentabel wäre. Dasselbe Spiel wiederholt sich nun mit der Atomenergie. Zusätzliche Kraftwerke verteuern den Strom, senken die Nachfrageentwicklung und machen sich so selber überflüssig. Das zeigt sich besonders in den Vereinigten Staaten. Es scheint so, als werde auch das französische Atomprogramm an seinem eigenen Erfolg scheitern. Der Markt reagiert stärker als angenommen. In der Schweiz setzt die Verteuerung des Stroms jetzt erst ein.

Heute stellt sich nicht mehr die Alternative, ob wir den "Atomstaat" wollen oder drastische staatliche Vorschriften bis hin zur Rationierung. Die Frage scheint mir vielmehr, wieviele Atomkraftwerke, die sich später als kostspielig und rückblickend als unnötig herausstellen werden, überhaupt noch fertiggebaut werden, wieviel strahlender Atommüll noch produziert wird, bis die Kosten untragbar geworden sind. Neubestellungen wird es weltweit in den nächsten Jahren nur sehr wenige geben. Sollte Kaiseraugst eine dieser Ausnahmen sein? Das Sowohl-als-auch, das Nebeneinander von öffentlicher Atompolitik und privaten Sparinvestitionen, das Festhalten an herkömmlichen Denk- und Organisationsstrukturen wird auch die Schweiz je länger je teurer zu stehen kommen.

Trumpf im internationalen Wettbewerb: Effiziente Energienutzung senkt die Kosten und schützt vor Krisen

Immer wieder, vor allem in Kreisen der Wirtschaft, wird bezweifelt, dass die kleine Schweiz sich als exportabhängiges Land ein entschlossenes Energiesparprogramm leisten kann. Man befürchtet, die Industrie werde dadurch stärker belastet und im internationalen Wettbewerb benachteiligt. Das tönt zunächst paradox, denn das Energiesparen kommt ja sogar bei gleichbleibenden Energiepreisen am Ende billiger. Am Anfang eines solchen Programms jedoch kann die Finanzierung teilweise eine Hürde darstellen. Durch behördliche Vorschriften würden die Energieverbraucher gezwungen, Investitionen vorzunehmen, die sich erst im Laufe einiger Jahre auszahlen. Für Strom und Oel zahlen die Verbraucher dagegen die laufenden Kosten. Wenn genügend Kapital vorhanden ist oder Kredite aufgenommen werden können, ist das Energiesparen sicher rentabler. Doch auch für viele Unternehmungen ist es nicht immer so einfach, Geld zu leihen, wie für die grossen Gesellschaften, die Atomkraftwerke bauen oder Bohrinseln aufstellen. Hier sollten neue Finanzierungsmöglichkeiten gefunden werden. Eine Energiesteuer, die wieder für Subventionen eingesetzt wird, könnte für eine gleichmässigere Verteilung der

Lasten sorgen. In der heutigen Wirtschaftslage ist die Ankurbelung von sinnvollen Investitionen sicher wünschenswert.

Die Belastung wäre in Wirklichkeit äusserst gering. 1974 machten die Energiekosten der Industrie im Durchschnitt nur 2,2 Prozent aller Aufwendungen aus. Lediglich in den Branchen Papier, Steine und Erden sowie Metall lagen sie über zehn Prozent, da schlugen vor allem die Zement- und Aluminiumproduktion zu Buche.[6] Inzwischen dürfte der Anteil der Energiekosten leicht gestiegen sein, in den energieintensiven Branchen wegen Sparmassnahmen etwas weniger. Eine Energiesteuer würde nur wenige Prozent dieses Anteils ausmachen. Das steht in keinem Vergleich zu Verteuerungen durch die Erdölkrisen und macht im internationalen Wettbewerb auch ungleich weniger aus als die Wechselkursschwankungen der letzten Jahre.

Neuere deutsche Untersuchungen unterstreichen die geringe Bedeutung kleinerer Energiepreiserhöhungen für die Wettbewerbsfähigkeit. Das Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung kam 1982 zu dem Ergebnis, dass "sich die in der öffentlichen Diskussion häufig vertretene Meinung, die internationale Konkurrenzfähigkeit der westdeutschen energieintensiven Industriezweige hänge entscheidend von einem niedrigen Energiepreis (insbesondere von einem niedrigen Strompreis) ab, als nicht richtig herausstellt"[7]. Unter dem Titel "Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft bei verschiedenen Energieversorgungsstrukturen" führte 1981 die Enquete-Kommission des deutschen Bundestags "Zukünftige Kernenergiepolitik" eine Umfrage bei zehn wirtschaftswissenschaftlichen Instituten durch. Auf die Frage, welchen Einfluss die Veränderung der Energieversorgung und der Energiekosten bisher auf die Wettbewerbsfähigkeit hatte, lautete die zusammen fassende Auswertung der Stellungnahmen: "Der Einfluss der Versorgung und die Kosten von Energie hat nach Meinung der Institute keinen Einfluss auf die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie gehabt". Und auf die allgemeine Frage nach dem Einfluss der Energiekosten auf die Wettbewerbsfähigkeit hiess es: "Die Bedeutung der Energieverfügbarkeit und der Energiekosten wird in diesem Zusammenhang von der Mehrheit der Institute gering eingeschätzt"[8]. Die Ruhrkohle AG machte das ebenfalls in einer Stellungnahme zuhanden der Enquete-Kommission 1981 - mit einer Rechnung deutlich: "Eine zehnprozentige Steigerung der Energiekosten entspricht in ihren Auswirkungen einer Erhöhung der Materialkosten um 0,8 Prozent und der Lohnkosten um 1,4 Prozent."[9] In der Schweiz wäre eine Energiepreiserhöhung noch harmloser, denn unsere Wirtschaft ist wegen der fehlenden Schwer- und Grundstoffindustrie wesentlich weniger energieintensiv als die deutsche.[10]

Langfristig dürfte eine effizientere Energienutzung sich für die schweizerische Wirtschaft hingegen stark auszahlen. Nicht nur wegen der geringeren Energiekosten. Wenn der schweizerische Produktionsapparat weniger Energie braucht, ist er in künftigen Krisen weniger verletzbar. Auch wenn der Oelpreis heute stagniert - langfristig kann er nur weiter steigen. Die Entwicklung und Beherrschung von energiesparenden Techniken bringt deshalb heute auf dem Weltmarkt einen zusätzlichen Wettbewerbsvorteil.[11] Für die Schweiz, die vor allem hochentwickelte Technologien exportiert, ist das von besonderer Bedeutung. Gegenüber der Bundesrepublik, den Vereinigten Staaten und Japan, ihren Hauptkonkurrenten, ist sie dabei in den letzten Jahren möglicherweise schon ins Hintertreffen geraten: dort wurde mehr Energie eingespart als bei uns.[12]

Bei der Elektrizität ist die effizientere Nutzung doppelt vorteilhaft. Der internationale Oelpreis wird von der schweizerischen Nachfrage nicht beeinflusst, beim Strom jedoch führt ein wachsender Verbrauch dazu, dass langfristig neue teure Kraftwerke im eigenen Land notwendig werden und die Elektrizität, wie wir gesehen haben, zusätzlich verteuern. Auch der Ersatz der bestehenden Atomkraftwerke würde massive Preissteigerungen mit sich bringen. Aus wirtschaftlicher Sicht ist die Verschwendung von Strom besonders ärgerlich, sie trifft nicht nur den Verursacher, sondern auch alle anderen Verbraucher. Ein öffentliches Programm zur Förderung von Sparmassnahmen scheint hier vom unternehmerischen Standpunkt gesehen besonders angezeigt.

Arbeitsplätze: Sparinvestitionen bringen mehr als Atomkraft

Mit der zunehmenden Arbeitslosigkeit hat die Frage an Bedeutung gewonnen, wie sich der Ausbau der Atomenergie oder eine konsequente Energiespar-Politik auf die Beschäftigung auswirken würde . Vage Drohungen, dass die Abkehr von der

Kernenergie "für die gesamte Volkswirtschaft unseres Landes katastrophale Folgen"[13] hätte, stimmen sicherlich nicht. Die positiven Auswirkungen einer effizienteren Energienutzung auf die gesamte Wirtschaft lassen erwarten, dass auch die Folgen für den Arbeitsmarkt nicht nachteilig sind. Es bleibt zu untersuchen, wie sich die unterschiedlichen Vorgehensweisen auf die Wirtschaftsstruktur auswirken, wieviele Arbeitsplätze die verschiedenartigen Investitionen direkt und indirekt schaffen.

Schon grundlegende Daten aus der Statistik zeigen die Richtung: Arbeitsplätze in der Energiewirtschaft oder im Kraftwerkbau sind viel teurer als in der Apparateindustrie oder im Baugewerbe. Doch ist es nicht einfach, die unterschiedliche Zahl der indirekt geschaffenen Arbeitsplätze im In- und Ausland verlässlich abzuschätzen. In der Schweiz ist der Unterschied besonders gross, weil die einzelnen Branchen unterschiedlich viel Vorleistung aus dem Ausland importieren. Wir haben keine Oelfelder und Tankschiffe im Land und auch die Bauteile für Kraftwerke werden zum grossen Teil nicht bei uns hergestellt. Das Zürcher Ingenieurbüro Infras rechnet damit, dass auf eine Million Franken Wertschöpfung im Jahr beim Wärmeschutz von Gebäuden dreissig Arbeitsplätze in der Schweiz geschaffen werden, bei Wärmekraftkoppelungsanlagen, Wärmepumpen und Sonnenenergieanlagen wären es fünfundzwanzig, beim Bau von Grosskraftweken dagegen nur acht bis neun, und wenn man das Geld ganz allgemein für Energie ausgibt, so entstehen lediglich 4 bis 5 Arbeitsplätze.[14] Das sind jedoch nur grobe Schätzungen.

Die bis heute detaillierteste Studie zu diesem Thema hat 1979 der damalige Präsidenschaftsbewerber Senator Edward Kennedy dem amerikanischen Kongress vorgelegt.[15] Prof. Leonhard. S. Rodberg vom Public Resource Center in Washington untersucht darin die Beschäftigungswirkungen eines detaillierten Programms zur rationellen Nutzung der Sonnenenergie. Nach einer Anlaufzeit von fünf Jahren sollen die jährlichen Investitionen 66 Milliarden Dollar betragen. Nach zehn Jahren wäre der Energieverbrauch pro Einheit des Bruttosozialprodukts um 32 Prozent gesunken, der Elektrizitätsverbrauch gar um 65 Prozent (absolut gegenüber 1977 um 29 %, siehe Tab. 8.1.). Das würde jährlich 119 Milliarden Dollar an Einsparungen mit sich bringen, 53 Milliarden mehr als die benötigten jährlichen Investitionen.

Um die Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt zu untersuchen, wurde das ausgetüftelte Wirtschaftsmodell des Bureau of Labor Statistics verwendet, das 154 Wirtschaftszweige unterscheidet. In der Energiewirtschaft und im Kraftwerksbau würden demnach - alle Folgeeffekte eingeschlossen - rund 1,1 Millionen Arbeitsplätze verlorengehen. Auf der anderen Seite würden 2,1 Millionen neue Stellen

Tab. 8.1.

ENERGIESPAREN SCHAFFT ARBEITSPLAETZE

Die im Auftrag des amerikanischen Kongresses ausgearbeitete CARE-Strategie setzt sich folgende Ziele:

Massnahme	Ziel für das Jahr 2000
Private Wohngebäude	
Rationelle Energieverwendung	50 % Einsparung[1]
Aktive und passive Solarenergie	100 % bei neuen Häusern 50 % bei bestehenden
Geschäfts- und Verwaltungsgebäude	
Rationelle Energieverwendung	50 % Einsparung[1]
Aktive Solarenergie	50 % bei allen Gebäuden
Industrielle Nutzung	
Rationelle Energieverwendung	40 % Einsparung im Jahr 1990[1]
Kraft-Wärme-Verbund	100 % aller genutzten Anlagen
Aktive Solarenergie	25 % aller Prozesswärme
Transportwesen	
Flüssige Brennstoffe	Umwandlung von 50 % der Abfallprodukte
Solarelektrizität	25 % der derzeitigen Stromerzeugung

[1] Die Energieeinsparungsziele beziehen sich auf den Verbrauch von gelieferter Energie am Ort des Endverbrauchs.

Die Energieeinsparungen betrügen im Jahr 1990:

	Im Vergleich zur Status-quo-Projektion von Data Resources	Im Vergleich zum Verbrauch von 1977
Kohle	-49 %	- 4 %
Gas	-38 %	-35 %
Oel	-28 %	-11 %
Kernenergie	-83 %	0
Erschöpfbare Primärenergie insgesamt	-32 %	-15 %
Elektrizität	-65 %	-29 %

Der Gewinn an Arbeitsplätzen wäre beträchtlich

Rationellere Energieverwendung im engeren Sinne	+ 520 000
Direkte und indirekte Sonnenenergienutzung	+1 650 000
insgesamt	+2 170 000
Brennstoff- und elektrizitätserzeugende Industrien einschl. Zulieferern	-1 140 000
Nettoeffekt	+1 030 000
durch zusätzlich verfügbares Einkommen	+1 870 000
Gesamtnettoeffekt	+2 900 000

Quelle: Rodberg (1979)

entstehen, also netto rund eine Million zusätzlicher Arbeitsplätze. Zusätzlich hat Rodberg angenommen, dass das eingesparte Geld für andere Dinge ausgegeben wird und auf diese Weise noch einmal rund 1,9 Millionen Arbeitplätze entstehen. Insgesamt würde also sein Programm in den USA 2,9 Millionen zusätzliche Arbeitsplätze schaffen. Bezogen auf die geschätzte Zahl der Beschäftigten im Jahr 1990 wären das immerhin 2,5 Prozent. In seinem Begleitbrief stellte Senator Kennedy als Ergebnis der Studie heraus, dass eine Strategie der Energieeinsparung und Nutzung der erneuerbaren Energiequellen ein wesentlicher Bestandteil jeder erfolgreichen Vollbeschäftigungspolitik sein müsse.

Computersimulationen der französischen Planungsbehörden zeigen[16], dass durch energiesparende Investitionen in der Industrie wegen der Folgeeffekte ganz besonders viele Arbeitsplätze entstehen: Mit 10 Millionen Francs im Jahr könnten 220'000 Stellen geschaffen werden, im Wohnbereich dagegen wären es nur 63'000. Im Gegensatz zu anderen Länern wirkt sich in Frankreich ungünstig aus, dass vorläufig ein beträchtlicher Teil der energiesparenden Apparate und Steuerungen eingeführt werden müsste. Der bereits zitierte "Rapport Crémieux" kommt zum Schluss[17], dass die von ihm vorgeschlagenen Subventionen für Energiesparmassnahmen in der Höhe von jährlich 200 Millionen Francs sich für die Staatskasse schon im ersten Jahr bezahlt machen, weil der ausgelöste Aufschwung höhere Steuern einbringt und die Arbeitslosenkasse entlastet.

Wolfgang Klauder vom Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung der deutschen Bundesanstalt für Arbeit hat kürzlich eine Reihe von Untersuchungen für Deutschland zu diesem Thema aufgeführt[18]: In einer Studie von 1980 haben Hohmeyer und Rahner das Marktpotential von sechs Spartechnologien und regenerierbaren Energiequellen für 1985 auf 6 bis 9 Milliarden Mark geschätzt. Unter Berücksichtigung der Folgeeffekte und auch des Produktivitätsanstiegs würde dies etwa 230'000 bis 420'000 Arbeitsplätze bedeuten oder 1 bis 2 Prozent der Gesamtbeschäftigung.[19] Für den gleichen Effekt müssten - bei einer Bauzeit von nur sechs Jahren - 50 bis 100 Kernkraftwerke im Bau sein, merkt Klauder an. Der frühere Forschungsminister von Bülow schätzte den Geschäftsumfang der Photovoltaikindustrie für Ende der achtziger Jahre weltweit auf 15 Milliarden Mark, was 500'000 Arbeitsplätzen entspricht. Die Basler Prognos AG rechnete 1978 - also noch vor der zweiten Oelkrise - für Deutschland vor, dass mit Investitionen in die Wärmedämmung von jährlich 20 Milliarden Mark zwischen 1980 und 2000 durchschnittlich 400'000 Arbeitsplätze geschaffen werden könnten. Volkswirtschaftlich gerechnet würden 60 Prozent der Investitionen durch Energieeinsparungen und 40 Prozent durch die Entlastung der Arbeitslosenkassen wieder hereinkommen.[20]

Klauder meint schliesslich, es dürfte "auf jeden Fall zweckmässig sein, die Zeit zu nutzen, in der sowohl Energie als auch Arbeitskräfte noch relativ reichlich vorhanden sind, und alle technisch möglichen und wirtschaftlich vertretbaren Massnahmen zur rationellen Energieverwendung im grösstmöglichen Ausmass noch in den 80er Jahren durchzuführen."

Detailliert hat man an der Technischen Universität Berlin im Auftrag des Forschungsministeriums inzwischen auch die beschäftigungspolitischen Folgen des bereits vorgestellten "Raumwärmeszenarios 2000" durchgerechnet. Das für den Bereich der privaten Haushalte vorgeschlagene Investitionsprogramm allein würde zwischen 1985 und 1999 im Durchschnitt 190'000 zusätzliche Arbeitsplätze schaffen. Weil jeder der heute über 2,5 Millionen Arbeitslosen in der Bundesrepublik den Staat wegen Arbeitslosengeld, Sozialhilfe, entgangenen Sozialabgaben und Steuern im Jahr mindestens 24'000 DM kostet, bedeutet das zusätzlich jährliche Einsparungen von 4,5 Milliarden Mark. Würde das Programm auf alle Gebäude (also auch bei Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen) ausgedehnt, so könnte die Zahl der Arbeitslosen um rund 315'000 gesenkt werden, was Einsparungen von mindestens 7,5 Milliarden DM im Jahr entspricht.[21]

Neuere, vorsichtige Abschätzungen für die Schweiz haben Zahlen von ähnlicher Grössenordnung ergeben. Der Zürcher Architekt Conrad U. Brunner rechnete vor[22], dass es wirtschaftlich sei, innert 20 Jahren drei Viertel des Gebäudebestandes so zu sanieren, dass 30 Prozent der heute benötigten Heizenergie eingespart werden. Pro Jahr müssten nach seinen Angaben dafür rund 530 Millionen Franken ausgegeben werden. Das Ingenieurbüro Infras hingegen kam zum Schluss[23], dass jährlich 1,5 Milliarden investiert werden müssten, um innerhalb von 20 Jahren 20 Prozent der schweizerischen Heizenergie einzusparen. Rechnet man die vom selben Büro andernorts gemachten Arbeitsplatzangaben auf diese Summe um, so ergeben sich als direkter Beschäftigungseffekt zusätzlich 20'000 Arbeitsplätze in der Schweiz. Das wäre knapp ein Prozent der Beschäftigten in unserem Land. Dazu käme dann noch eine beträchtliche Anzahl indirekt geschaffener Stellen. Immerhin 18 Prozent dieser Ausgaben für die Gebäudesanierung würden auf die Maschinenindustrie entfallen, 25 Prozent auf das Installationsgewerbe. Die Fensterfabrikanten müssten, um ihren Anteil von 10 Prozent auszuschöpfen, die Produktion verdoppeln. Mit 1,5 Milliarden Franken pro Jahr wäre die Energiesanierung gleich gewichtig wie früher der Nationalstrassenbau oder der Gewässerschutz und würde sich zudem über mindestens zwanzig Jahre erstrecken.

Auch wenn man sie mit besseren statistischen Methoden noch verfeinert, sind diese Abschätzungen nur von beschränkter Aussagekraft. In der Praxis nämlich zeigt sich, dass Ausgaben für das Energiesparen sich oft nur sehr schwer von anderen Investitionen getrennt berechnen lassen. K.H. Troxler von der Schweizerischen Aktion Gemeinsinn für Energiesparen (SAGES) meint, man müsse das Energiesparen in der Wirtschaft eher als Impuls ansehen, der eine ganze Reihe von anderen Investitionen auslösen kann.[24] Wegen dieser Abgrenzungsschwierigkeiten ist es heute auch kaum möglich, zu sagen, wieviele Arbeitsplätze bisher durch Energiesparinvestitionen geschaffen wurden.

Beachten sollte man bei dieser Betrachtung nicht nur die Zahl der geschaffenen Arbeitsplätze, sondern auch ihre Verteilung und Qualität. An einem Grosskraftwerk arbeiten während wenigen Jahren Tausende von Bauleuten. Nach Fertigstellung des Kraftwerks werden sie arbeitslos, wenn man sie nicht zum nächsten Grossprojekt verfrachtet. Bisher hat man vor allem Fremdarbeiter für solche ungeliebten Jobs angeheuert. Die Arbeitsplätze, die durch eine alternative Energiepolitik geschaffen würden, sind regional und zeitlich viel besser verteilt. Vor allem kleine und mittlere Betriebe im ganzen Land hätten auf lange Sicht mehr Arbeit. Qualifiziertes, handwerkliches Können wäre gefragt, damit Tausende von Einzelobjekten optimal saniert werden können.

Eine dezentralere Wirtschaftsstruktur mit modernen Technologien wäre nach den Erfahrungen der letzten Jahre auch krisenfester und könnte zeitweilige Beschäftigungsprobleme besser auffangen. Nicht zuletzt der grosse Anteil flexibler Klein- und Mittelbetriebe hat dazu beigetragen, dass die Schweiz heute wirtschaftlich besser dasteht, als ihre grossen Nachbarn.

Atomenergie: Für wen ist sie überhaupt noch interessant?

Angesichts all ihrer wirtschaftlichen Nachteile und der interessanteren Alternativen, die ich hier dargestellt habe, stellt sich die Frage, für wen die Atomenergie heute überhaupt noch Vorteile bringt, warum sie noch so eifrige Verfechter findet.

Da ist zunächst einmal die direkt beteiligte Industrie: Eine Reihe vor allem grösserer Firmen hat spezielle Kenntnisse, Erfahrungen und Produktionskapazitäten für die Atomtechnik entwickelt und aufgebaut, die nicht ohne weiteres für andere Zwecke einsetzbar sind, sie wollen weiterhin produzieren und planen. Viele Spezialteile und -kenntnisse werden jedoch importiert. Weitaus die meisten Bestandteile und vor allem die Bauarbeiten sind nicht so ungewöhnlich, die entsprechenden Kapazitäten könnten auch für Energiesparmassnahmen und die Nutzung erneuerbarer Energiequellen eingesetzt werden. Weniger Aufträge gäbe es da allerdings wohl für die Zementindustrie und die Hersteller von Turbinen und Starkstromanlagen. Vor allem grössere Firmen sind an Riesenprojekten wie Atomkraftwerken interessiert, kleinere Betriebe hätten bei einer dezentralen Energiepolitik mehr Chancen.

Gewichtige Befürworter der Kernenergie sind sodann die staatlichen Forschungsinstitutionen und Behörden. Das Eidgenössische Institut für Reaktorforschung, viele Universitätsinstitute und Hochschulabteilungen sind an der Kernenergieforschung beteiligt, bekommen Gelder dafür und eine positive Haltung gegenüber der Atomenergie ist bei ihnen Tradition und eine Selbstverständlichkeit. Auch die Genehmigungsbehörden wollen weiterarbeiten und in der Bundesverwaltung bevorzugt man eingefahrene, bekannte Geleise. Umdenken ist überall anstrengend und unbequem.

Vor allem aber die Elektrizitätswirtschaft setzt sich vehement für die Kernenergie ein. Hier geben die grossen stromproduzierenden Gesellschaften den Ton an. Sie sind auf das Wachstum des Elektrizitätsverbrauchs fixiert, ein "gutes Jahr" ist, wenn viel Strom verkauft wird. Die steigenden Kosten können sie vorläufig auf die Tarife abwälzen. Es geht hier nicht um Geld, sondern um Einfluss. Die grossen Kraftwerke sichern den grossen Versorgungsunternehmen ihre Vorrangstellung.

Ihnen bereitet es keine Schwierigkeiten, das notwendige Kapital aufzubringen und erst in Jahrzehnten zu amortisieren. Kleine kommunale Elektrizitätswerke haben es meist viel schwerer, zum Beispiel dezentrale Wärme-Kraft-Kopplungs-Anlagen zu finanzieren. Auch beziehen sie schon ihren Strom zu Mischpreisen aus neuen und alten Anlagen. An finanziellen Schwierigkeiten infolge von Fehlinvestitionen können die Elektrizitätsgesellschaften nicht zugrunde gehen: Sie sind zum grössten Teil im Besitz der Oeffentlichkeit und für die Versorgung unbedingt nötig.

Die übrige Energiewirtschaft steht heute vor einem immer schwerer zu kaschierenden Dilemma. Einerseits würde eine Energiepolitik, die konsequent auf die effizientere Nutzung ausgerichtet ist, auch ihren Absatz empfindlich schmälern, deshalb hat sie sich bisher für die Atomenergie eingesetzt. Andererseits aber haben trotz aller Hindernisse Energiesparinvestitionen dazu geführt, dass der "Wärmemarkt" nicht mehr wächst, sondern schon leicht schrumpft. Ein heftiger Kampf um Marktanteile in diesem gewichtigen Geschäft - jährlich werden etwa sechs Milliarden Franken umgesetzt - ist ausgebrochen. Gegen die Stromheizung, deren Potential inzwischen ohnehin begrenzt scheint, haben sich die Konkurrenten - Erdöl, Gas und Kohle - kaum öffentlich zur Wehr gesetzt. Sie verlangen aber eine Aenderung der marktverzerrenden Tarifstrukturen. Der Versuch der Elektrizitätswirtschaft, mithilfe der nuklearen Fernheizung stärker in den Wärmemarkt einzubrechen und mit dem Bau von grossen Leitungsnetzen langfristige Abhängigkeiten zu schaffen, hat sie nun aber doch bewogen, ihre Zurückhaltung aufzugeben und vernehmlich dagegen Stellung zu beziehen. Sehr deutlich werden diese wachsenden Widersprüche in einem kürzlich erschienen Bericht des "Energieforums Schweiz". Die darin enthaltenen Stellungnahmen der verschiedenen Energieträger zum Thema Erdölsubstitution zeigen, wie falsch das in der Oeffentlichkeit noch halbwegs gewahrte Bild einer einigen Energiewirtschaft ist, und wie umstritten in dieser Branche die Kernenergie und ihre angebliche Wirtschaftlichkeit heute sind.[25]

Der überwiegende Teil der Wirtschaft und die privaten Haushalte leiden unter dieser Politik. Aus Solidarität mit einigen grossen Unternehmen und vor allem wohl, weil die Atomenergie immer noch als ein Symbol des Wachstums und des technischen Fortschritts gilt, setzen sich die Wirtschaftsorganisationen und sogar der Gewerbeverband für die Atomenergie ein. Die wirtschaftlichen Aspekte der Atomenergie wurden bis heute kaum diskutiert und unter die Lupe genommen. Gefangen in alten Denkmustern hat sich die Elektrizitätswirtschaft zu einem Parasiten entwickelt. Es wäre für die übrige Wirtschaft und die Oeffentlichkeit an der Zeit, die Rechnung der Stromverkäufer nachzuprüfen.

9. Das Ende einer Ära

Der Niedergang der Atomenergie entwickelt sich offenbar zum grössten Debakel der Technikgeschichte. Die Entwicklung der Kernenergie stellt sich heute dar als eine Geschichte von Fehleinschätzungen und falschen Fragestellungen. Allein mit wirtschaftlichen Interessen lässt sie sich kaum rational begründen. Nicht nur eine machtgierige Elektrizitätswirtschaft oder eine geschäftshungrige Atomindustrie standen dahinter. Bezeichnenderweise war gerade die Energiewirtschaft bis zum Ende der sechziger Jahre weltweit sehr skeptisch gegenüber der Atomenergie. Treibende Kräfte waren damals eher Teile der staatlichen Bürokratie und der Wissenschaft, eine allgemeine Atomeuphorie, das Militär, später die Kraftwerkshersteller.

Meiner Ansicht nach hat mit der Kernenergie vor allem eine eingleisige technokratische Denkweise Schiffbruch erlitten. Fixiert auf ein einziges technisches Ziel und fasziniert von der Macht der Maschine haben die Planer in den staatlichen und industriellen Bürokratien die vielfältige Realität aus den Augen verloren. Die Frage der Abfälle wurde verdrängt. Die Wiederaufbereitung hat man auf die lange Bank geschoben. Die Sicherheitsprobleme wurden nicht durch eine grundsätzlich andere Reaktorkonstruktion gelöst, sondern mit immer aufwendigeren Panzerungen, Zusatzsystemen, Kontrollen und Wahrscheinlichkeitsrechnungen wurde das sogenannte "Restrisiko" lediglich verkleinert. Katastrophale Unfälle bleiben nach wie vor möglich. Dass breite Kreise der Bevölkerung dann ab Anfang der siebziger Jahre nicht bereit waren, das hinzunehmen, hatte man ebenfalls nicht eingeplant. Die "Macher" versuchten mit Polizeieinsätzen, "Akzeptanzforschung" und verstärkten Werbeanstrengungen zu antworten. Doch sie mussten auch einige Mängel einsehen, Aenderungen vornehmen und die Atomkraft wurde noch teurer. Der Unfall von Three Mile Island lehrte dann auch die Industrie das Fürchten: man hatte die Unberechenbarkeit der die Maschine bedienenden Menschen unterschätzt. Weitere kostspielige Vorkehren waren die Folge. Obwohl ähnlich teure Einsichten und Enttäuschungen bei der Nachsorge für den radioaktiven Abfall erst noch bevorstehen, kostet der Atomstrom heute vielerorts bereits mehr als Elektrizität aus konventionellen Kraftwerken. Und da erst beginnen die massgeblichen Energieplaner zu ahnen, dass die Grundvoraussetzung ihrer Strategie nicht stimmt. Verbohrt

hatten sie nach hochkomplizierten notwendigerweise umwelts- und gesundheitsschädigenden grosstechnischen Methoden gesucht, um möglichst viel günstige Energie, vor allem Strom zu produzieren. Da stellt sich heraus, dass man mit recht einfachen und weitaus billigeren Vorkehren und Techniken dafür sorgen kann, dass der teure Strom gar nicht nötig ist. Wenn alle Verbraucher das merken, werden Milliardeninvestitionen unnütz und wertlos.

Das weltweite Projekt Atomenergie von der Uranmine bis zum für hunderttausend Jahre zu sichernden Abfallager ist ein technisches Vorhaben von bisher unbekannter Komplexität, Tragweite und Grösse. Die riesigen Einheiten schaffen neue Abhängigkeiten, die ungeheure Gefährlichkeit der verwendeten Materialien und Anlagen verlangt scharfe Kontrollen und zentrale Ueberwachung in einem noch nie dagewesenen Ausmass. Die inzwischen verblassten atomaren Visionen eines Alvin Weinberg oder Wolf Häfele sind wahre Orwellsche Gruselbilder. Doch von seiner Konzeption her liegt das Projekt Kernenergie durchaus in der Logik der technischen, wirtschaftlichen und politischen Entwicklung der letzten zweihundert Jahre.

Im Laufe der Industrialisierung haben zentralisierte hierarchische Strukturen stetig an Einfluss und Grösse gewonnen. Besonders im Verlauf des letzten technologischen Zyklus seit dem Krieg haben multinationale Unternehmungen, staatliche und überstaatliche Planungsbürokratien, grosse Fernsehanstalten und Nachrichtenagenturen über das tägliche Leben der Menschen, Tiere und Pflanzen eine noch nie dagewesene Kontrolle erlangt. Neue Märkte wurden erschlossen, immer mehr Lebensbereiche wurden in den "ökonomischen Kreislauf" integriert, der von immer weniger zentralen Schaltstellen beherrscht wird. Die Tätigkeit der Hausfrauen und der Handwerker wurde zu einem beträchtlichen Teil durch industrielle Produkte ersetzt. Man wirft weg anstatt zu reparieren, die Eier kommen aus der Fabrik und die Gesundheit von der Basler Chemie, für das Skifahren braucht man elektrische Aufzüge und den Besuch bei Freunden hat oft der Fernseher ersetzt. In vielen Bereichen sind vielfältige, flexible Strukturen durch starre Hierarchien verdrängt worden - was nicht ausschliesst, dass der einzelne auf anderer Ebene auch neue Freiheiten dazugewonnen hat. Gleichzeitig mit den zentralistischen Organisationen wuchs eine immer gigantischere und einheitlichere Grosstechnik. Sie war ein grundlegendes Machtinstrument der grossen Hierarchien, sie schaffte langfristige Abhängigkeiten.

Der technische Fortschrittsglaube, einseitig auf materiellen Wohlstand ausgerichtete Wertvorstellungen haben diese Entwicklung ermöglicht. Besonders nach den Entbehrungen und Zerstörungen des Krieges waren materielle Fragen von zentraler

Bedeutung. Das Leben drehte sich um den Konsum. Der Fernseher, die Waschmaschine, das neue Auto waren wichtige Ziele, für die sich die Menschen einsetzten und die ihnen auch neue Freiheiten brachten. Das Industriesystem vermochte seine materiellen Versprechen weitgehend einzulösen, solange die negativen Folgen eingleisiger Effizienz auf andere Erdteile, das Oekosystem, zukünftige Generationen und Randgruppen abgeschoben werden konnten: die schleichende Vergiftung der Umwelt, die Asphaltierung der Landschaft, zunehmender Stress, menschliche Vereinsamung, Hunger und Elend in der Dritten Welt. Grosstechnische Produktion ist ganzheitlich betrachtet oft ineffizient, billig sind ihre Erzeugnisse in vielen Fällen nur deshalb, weil die mit ihr verbundene gesellschaftliche Macht viele negative Folgen, den Dreck, die sozialen Kosten abwälzen kann. In der Energietechnik wird dies besonders deutlich.

Der letzte grosse Versuch zur Durchsetzung einer noch strafferen und gigantischeren Technologie überhaupt war die Einführung der Kernenergie. Von Anfang an haben sich die grossen Konzerne der Elektroindustrie der Entwicklung bemächtigt, anders als in der Computertechnik hatten kleine Aussenseiter keine Chance. Die grossen Verbundunternehmen unter den Stromversorgern entdeckten in der Atomenergie eine Möglichkeit, ihre Vorrangstellung gegenüber den kleinen Elektrizitätswerken auszubauen. So entwickelte sich, in Verbindung mit staatlichen Bürokratien und besonders am Anfang in den meisten Ländern auch dem Militär, ein mächtiger elektronuklearer Komplex. Man plante sozusagen eine einzige schwerfällige Riesenmaschine, welche die zerstörerischen atomaren Kräfte bändigen und die Menschen mit reichlich Wärme, Kraft und Licht versorgen sollte. Das für viele schauerlich-faszinierende Spiel mit dem atomaren Feuer, die stolz vorgezeigten nuklearen Festungen wurden zum umstrittenen Symbol der Macht, zum Symbol der Beherrschung der Natur durch die Technik und zum Symbol der gesellschaftlichen Macht anonymer Hierarchien.

Das Projekt Kernenergie ist heute gescheitert. Die lebensfeindlichen Auswirkungen dieser Maschinerie lassen sich nicht mehr in genügendem Ausmass abwälzen, in die Zukunft verschieben. Das Fiasko der Atomenergie markiert das Ende einer Aera. Die abgeschobenen negativen Folgen unserer eindimensionalen Entwicklung in den letzten dreihundert Jahren schlagen heute in vielen Bereichen spürbar zurück. Die ökologischen Grenzen machen sich bemerkbar - ökologisch nicht nur im traditionellen Sinn von Umwelt, die psychischen, sozialen und demographischen Folgen gehören dazu. Zahl und Grösse der zusammenbrechenden psychischen, sozialen, ökonomischen und Umweltsysteme nehmen zu. Stichworte: Psychopharmaka, Jugendunruhen, Bodenvergiftung, Waldsterben, Grosstadtklima, Pleiten von Firmen

und Ländern. Für viele Einzelprobleme sind technokratische Lösungen denkbar, für ihre gleichzeitige Entwicklung und Durchsetzung aber sind die herrschenden hierarchischen Organisationsformen zu schwerfällig.

Herkömmliche Planungsmethoden sind unbrauchbar geworden. Die Krise in ihrer vielfältigen Lebendigkeit hat alte Trendfortschreibungen über den Haufen geworfen. In der Wirtschaft sind Flexibilität und Innovationsfreudigkeit Trumpf. Beweglichere Organisationsformen werden ausprobiert, vielerorts sind Ansätze zur Dezentralisierung erkennbar. In der Computertechnik sind eigenständige Kleingeräte, die zu Netzen zusamengeschlossen werden können, heute wichtiger als die Grossrechner der siebziger Jahre.

Neue Lösungen kommen in Sicht. Die Wertvorstellungen der Menschen haben sich in den letzten Jahren stark geändert: Die Zerstörung unserer Lebensgrundlagen weckt Besorgnis, materieller Wohlstand steht weniger im Vordergrund, menschliche Beziehungen sind wichtiger geworden. Wir sehen uns immer deutlicher nicht als Gegenspieler sondern als Teil der Natur. Die problematischen Seiten der bisherigen Technik fallen heute allgemein mehr auf. Viele Menschen sind in eine pauschale Technikfeindlichkeit verfallen, doch diese Haltung ist gefährlich, sie macht hilflos. Was wir brauchen ist eine Technik, die sich in die lebendige Natur einfügt, anstatt sie um jeden Preis zu beherrschen. Gerade auch Techniker sehen das zunehmend ein. Zum Beispiel Forscher an der ETH Lausanne, die sich mit passiver Sonnenenergie beschäftigen, betrachten heute ein Haus samt seiner Bewohner als ein verwobenes lebendiges System, das vielfältigen klimatischen Einflüssen ausgesetzt ist. Ein solcher Ansatz wäre vor wenigen Jahren noch kaum denkbar gewesen.

Das Scheitern der Grosstechnik und das Aufkommen dezentraler Alternativen, die grundlegende Trendwende, die sich möglicherweise abzeichnet, ist im Energiebereich besonders ausgeprägt. Doch gerade hier zeigt sich das Problem der Macht, sie ist von der Wirtschaftlichkeit nicht zu trennen. Eine lebensfreundlichere, weniger auf Herrschaft ausgerichtete Technik könnte mehr Selbständigkeit und Gleichberechtigung ermöglichen. Mit ungeheurem Aufwand werden die grosstechnischen Systeme daher von denjenigen verteidigt, denen sie Macht und Einfluss garantieren.

Anmerkungen

Quellenangaben, die hier abgekürzt wurden, sind im Quellenverzeichnis vollständig aufgeführt.

Kapitel 2: Aufstieg und Niedergang der Atomenergie

1) Traube (1984).
2) Radkau (1983) S.79f
3) siehe zum Beispiel Rossel (1978); siehe Radkau (1983) S.186 ff
4) Flavin (1983) S.13
5) Radkau (1983) S.65
6) siehe Nationalratsprotokoll
7) Flavin (1983) S.10 f, Radkau (1983) S.21
8) Traube/Ullrich (1982) S.317
9) Flavin (1983) S.33f
10) Traube/Ullrich (1982) S.318
11) IEA, World Energy Outlook (1982) S.330
12) Laue (1982)
13) Flavin (1983) S.7f; Mitteilungen der IAEO laut NZZ vom 4.5.1984
14) Büssem (1983). Siehe auch Zitat des General-Electric-Vizipräsidenten Wolfe auf Seite 2-19.
15) Energy Information Administration (1983)
16) Siehe z.B. NZZ vom 28.4.84; Flavin (1983) S.8
17) Tages-Anzeiger (20.1.84)
18) Business Week (23.5.83)
19) NZZ vom 28.4.84: "Atomenergie-Investitionsruinen in Amerika, Monumentale Finanzierungsprobleme im Kraftwerkbau"
20) Tages-Anzeiger (20.1.84)
21) Flavin (1983) S.13ff
22) Flavin (1983) S.39; Business Week (23.5.83); Time (8.8.83); Büssem (1983)
23) NZZ 28.4.84 Flavin (1983) S.35
24) Flavin (1983) S.37, NZZ 28.4.84
25) Büssem (1983)
26) Wallstreet Journal, Nov. 20, 1983, zitiert nach Flavin (1983)
27) SVA-Bulletin 3/84; Tab. 2.1
28) Le Monde (14.5.83)
29) Lenoir/Orfeuil (1983); Tages-Anzeiger Zürich vom 29.7.83; Flavin (1983) S.45ff; NZZ (22.2.84)
30) also rund 46 Milliarden Schweizerfranken
31) Lenoir/Orfeuil (1983); GSIEN (1982) S.11f; Damveld (1983); Flavin (1983) S.47; Tages-Anzeiger Zürich vom 19.4.83; Le Monde (29.4.82)
32) Flavin (1983) S.21f; GSIEN (1982); Damveld (1983)
33) Finanz und Wirtschaft (17.2.83)
34) von Bülow (1983); Traube/Ullrich (1982) S.158ff, 201ff
35) Traube (1984)
36) Stern (52/1983)
37) SVA-Bulletins 9-10/83 und 3/84; Foratom (1983)
38) SVA-Bulletin 9-10/83; Flavin (1983) S.45
39) Der Spiegel vom 6.2.1984
40) Hauff (1983); Foratom (1983); Traube/Ullrich S.158ff
41) Franke/Viefhues, Das Ende des billigen Atomstroms (1983), S.7-128.
42) Flavin (1983) S.23
43) Franke (1983); Stern (52/1983); Traube/Ullrich (1982) S.169ff; Basler Zeitung (9.12.1983), Presseberichte
44) Heine (1983)
45) von Bülow (1983); Jahrbuch (1984); Presseberichte
46) Hauff (1983)
47) Flavin (1983) S.48; Foratom (1983); Traube/Ullrich (1982) S.324
48) SVA-Bulletin 18-83

49) Flavin (1983) S.48f; Presseberichte
50) Flavin (1983) S.50f; Traube/Ullrich (1982) S.320; SVA-Bulletins
51) Flavin (1983) S.51f
52) Baumgartner (1981)
53) Siehe zu dieser Problematik vor allem Lovins/Lovins (1981)
54) Flavin (1983) S.52f; Baumgartner (1981); Presseberichte
55) Der Spiegel vom 6.2.1984; Tages-Anzeiger vom 8.2.84; SVA-Bulletins, z.B. 1-83, 16-83
56) AEN/OCDE (1982) S.15, S.17
57) Neue Zürcher Zeitung vom 28.10.1983; The Economist vom 5.11.83; Basler Zeitung vom 16.12.1982; SVA-Bulletin 20-83
58) Kollert (1983); Radkau (1983) S.218ff
59) von Bülow (1983)
60) Radkau (1983) S.186ff, S.218ff; Kollert (1983); Presseberichte
61) Finanz und Wirtschaft (17.12.1983); EIR-Bulletin Sept. 1983; von Bülow (1983)
62) GSIEN (1982) S.27ff; Radkau (1983) S.186ff; Der Spiegel vom 22.11.1982, S.71f
63) Zitiert nach GSIEN (1982) S.29f
64) IEA, World Energy Outlook (1982) S.329
65) IEA, Nuclear Energy Prospects (1982) S.28
66) IEA, Energy Policies (1982) S.49
67) SVA-Bulletin 6-83
68) SVA-Bulletin 20-1982
69) Lenoir/Orfeuil (1983)
70) SVA-Bulletin 12-1983
71) SVA-Bulletin 15-1983
72) SVA-Bulletin 14-1983, Jahrbuch atw (1984) S.225
73) Büssem (1983)
74) Flavin (1983) S.27; Time, april 11, 1983.
75) siehe z.B. SVA-Bulletins 20-1983 und 3-1984
76) Flavin (1983) S.64
77) Laut Flavin (1983) S.7 produzieren heute 174'000 MW Kernkraftkapazität rund 3 Prozent des weltweiten Energieverbrauchs. Insgesamt sind 382'971 MW geplant, bis sie fertiggestellt sind, wird der Energieverbrauch wohl noch leicht ansteigen.

Kapitel 3: Die Kostenexplosion

1) Van Zijl (1983) S.15. Vgl. Preisentwicklung Abb. 4.3.
2) Knechtli (1983), Fischer (1983)
3) Van Zijl (1983) S.3, 11f, 16. Elmiger (1983) S.4f
4) Für die Bundesrepublik errechnete das IFEU Heidelberg für 1956-1980 Forschungausgaben und Subventionen von 27 Mrd. DM (Heine (1983) S.16). In den USA werden für Forschungs- und Entwicklungsausgaben Summen zwischen 15 und 46 Mrd. Dollar genannt (Flavin (1983) S.40). Dazu kommen beachtliche Aufwendungen in Frankreich, Grossbritannien, Kanada usw.
5) Im Folgenden stütze ich mich vor allem auf die ausführliche Darstellung der deutschen Atomenergieentwicklung des Historikers Prof Radkau (1983) sowie auf das Buch "Light Water" von Bupp und Derian (1978), in dem die spannende Geschichte des Leichwasserreaktors aus amerikanischer und französischer Sicht dargestellt wird (Bupp und Derian sind ebenfalls Hochschullehrer, ihr Buch ist das Resultat eines Forschungspro gramms der Harvard University und des MIT)

6) Bupp/Derian (1978) S.32
7) Bupp/Derian (1978) S.19f, 180
8) Bupp/Derian (1978) S.15, Radkau (1983) S.22, Eliott (1979)
9) Bupp/Derian (1978) S.22f
10) Bupp/Derian (1978) S.24ff, S.36f., Radkau (1983) S.170ff., 178f.
11) Radkau (1983) S.259ff, 179, 271; Bupp/Derian (1978) S.37f.
12) Traube (1978) S.204
13) Radkau (1983) S.264; Bupp/Derian (1978) S.185, Weinberg (1975): "The LWR's were not invented because we believed they would make good central power plants"
14) Michaelis (1977) S.67f
15) siehe z.B. Michaelis (1977) S.69; Bupp/Derian (1978) S.184
16) Weinberg (1975)
17) Radkau (1983) S.344
18) Radkau (1983) S.349; Schulz (1965)
19) Radkau (1983) S.367f
20) Vortrag Heisenbergs vor dem Hamburger Uebersee-Club am 2.10.1953, zit. nach Radkau (1983) S.549
21) Glasstone, Sourcebook on Atomic Energy, London u.a. 1956, zit. nach Radkau (1983) S.549
22) Alvin Weinberg "The Many Dimensions of Scientific Responsibility", Science 1977 (July 7, 1972), S.33, zit. nach Bupp/Derian (1978) S.8
23) Siehe z.B. Radkau (1983) S.289ff
24) Radkau (1983) S.291ff, 356ff; Ford Foundation (1977) S.295ff; Michaelis (1977) S.374ff
25) Radkau (1983) S.159
26) Bupp/Derian (1978) S.36, 32ff; Radkau (1983) S.20f
27) Bupp/Derian (1978) S.42ff, Flavin (1983) S.13
28) Bupp/Derian (1978) S.48ff, 74ff
29) Elmiger (1983)
30) Bupp/Derian (1978) S.76, 181f, 188
31) Bupp/Derian (1978) S.185f; Traube (1978) S.205
32) Bupp/Derian (1978) S.72ff
33) Bupp/Derian (1978) S.71ff
34) Bupp/Derian (1978) S.84f
35) Bupp/Derian (1978) S.60ff, 86f
36) Radkau (1983) S. 211ff; Franke/Viefhues, Das Ende... (1983) S.6-11
37) Radkau (1983) S.216; Traube (1978) S.197
38) Bupp/Derian (1978) S.81ff, 90ff; NZZ vom 7.7.1978; Lenoir/Orfeuil (1983)
39) Knechtli (1983); Fischer (1983) S.22; Elmiger (1983) S.8 gibt 5600 Fr/kW an, das entspricht 5,27 Milliarden Fr. für 942 MW
40) Fischer (1983) S.15ff, 24; Naegelin (1983) S.6; NZZ, 27./28. August 1983, S.35
41) Naegelin (1983); Flavin (1983) S.12f; Time (11.4.1983); Business Week (23.5.83); NZZ 28.4.84
42) Flavin (1983) S.23, 15; Bupp (1975)
43) Flavin (1983) S.14, 23; Naegelin (1983) S.5, 6.
44) Flavin (1983) S.20; Franke/Viefhues, Atomkraft... ((1983) S.32
45) Flavin (1983) S.21; GSIEN (1982); Damveld (1983); Naegelin (1983) S.6
46) Bupp/Derian (1978) S.77; Franke/Viefhues, Das Ende... (1983) S.10-8; Franke (1984)
47) Naegelin (1983)
48) Diener (1983); Naegelin (1983)
49) Naegelin (1983); Flavin (1983) S.28f; Pressedokumentation Oeko-Institut vom 2.11.1979
50) Experimente in Idaho Falls, siehe z.B. Radkau (1983), Strohm (1981)
51) Pressemitteilung der NRC vom 19.1.1979. Siehe z.B. auch Tages-Anzeiger Zürich vom 22.1.1979

52) Flavin (1983) S.27
53) Laue (1982)
54) Jahrbuch der Atomwirtschaft (1984) S.B47
55) Hansen (1983); Geschäftsbericht KKL 1982
56) Harder (1983)
57) Schmitt/Junk (1982)
58) Franke/Viefhues, Atomkraft... (1983) S.35
59) Franke/Viefhues Das Ende... (1983) S.7-47ff; Franke/Viefhues Atomkraft... (1983) S.36; Hansen Kernenergie... (1983) S.43 nimmt 10 % an; Flavin (1983) S.31ff.
60) Van Zijl (1983); Franke/Viefhues, Das Ende... (1983) S.7-71ff
61) Ford Foundation (1977) S.298; Radkau (1983) S.295; Hansen, Kernenergie... (1983) S.55f
62) Franke/Viefhues, Das Ende... (1983) S.7-103ff; Hatzfeldt et al. (1979)
63) Michaelis (1977) S.379f; Franke/Viefhues, Das Ende... (1983) S.7-109 bis 7-120
64) Deutsches Atomforum (1979); Hatzfeldt et al. (1979)
65) Van Zijl (1983)
66) Franke/Viefhues, Atomkraft... (1983) S.43
67) Hansen, Kernenergie... (1983) S.89: 0,97 Pf. im Geldwert 1982
68) Seifritz/Wydler, Stromgestehungskosten beim Uebergang vom DWR zum FDWR (atw 1/83, S.28) zit. nach Jahrbuch (1984) S.B61
69) Franke/Viefhues, Das Ende... (1983) S.11-10, 7-103 bis 7-141; kürzer: Franke/Viefhues, Atomkraft... (1983) S.41ff
70) Van Zijl (1983)
71) Buser/Wildi (1984); siehe auch NZZ vom 16.3.1984
72) Rossnagel (1983) S.239; Jungk (1977)
73) Van Zijl (1983)
74) Schmitt/Junk (1982), Umrechnung siehe Sievert et al. (1983)
75) Hansen, Kernenergie... (1983)
76) siehe z.B. Schmitt/Junk (1982) S.274; National-Zeitung, Basel, 29.12.76; Ginsburg/Schleicher: "Ist die GEK auf dem richtigen Weg?", SES-Report Nr.1, Anhang B, Schweizerische Energie-Stiftung, 1976
77) Flavin (1983) S.14; Franke/Viefhues, Das Ende... (1983) S.6-14f
78) Der Spiegel 13/1984, S.67; Flavin (1983) S.16
79) Franke/Viefhues, Das Ende... (1983), insbesondere S.11-2ff. Die Kosten von 23,4 Pf/kWh ergeben sich, wenn man die einzelnen Jahreskosten (S.11-5) mit der Inflationsrate (4 %) auf 1982 zurückrechnet und dann mittelt. Vgl. auch Sievert et al. (1983); Franke (1984)
80) Franke/Viefhues (1984)
81) Harder (1983)
82) S. David Freeman: "Nuclear Power Isn't Scary - These Reactors Are", Washington Post, November 28, 1982, zitiert nach Flavin (1983) S.19

Kapitel 4: Die Stromschwemme

1) Business Week, 23.5.1983
2) Franke (1983)
3) Der Spiegel 21.3.1983; NZZ 22.2.1984, S.17
4) Pressemitteilung VSE vom 22.2.1984; Energie-Spar-Nachrichten des Bundesamtes für Energiewirtschaft
5) 1 Petajoule (PJ) = 1000 Terajoule (TJ)
6) Schleicher, Denkzwang... (1981)
7) von Bülow (1983)
8) Exxon (1980) S.28

9) Tages-Anzeiger, 14.7.1983
10 Pressemitteilung des VSE vom 22.2.1984
11) SHZ vom 2.6.1983; Der Bund vom 11.4.1984
12) Bär (1983); NZZ 6.3.1984
13) Berechnet aus Angaben in GEK (1978) und VSE (1979)
14) Brief des Schweiz. Wasserwirtschaftsverbandes, SWV, Baden, vom 15.11.1983 an das Bundesamt für Energiewirtschaft
15) Fehle (1983)
16) siehe z.B. Gsponer et al. (1981) S.78
17) Tages-Anzeiger, 19.11.1983
18) Carlevaro/Spierer (1984) und die dazugehörige Studie Giovannini/Delfosse (1984)
19) Berechnet nach Elektrizitätsstatistik 1982, Pressemitteilung VSE 22.2.1984
20) Van Zijl (1983)
21) NZZ 14.3.1984: "Rückläufiger Umsatz der EG Laufenburg - Weniger Ueberschuss im Energiegeschäft"; Der Bund 11.4.1983: "Ertragslage der BKW deutlich verschlechtert - Rückläufiges Handelsgeschäft und steigende Energiebeschaffungskosten als Hauptursachen"
22) Der Spiegel 21.3.1983
23) Kassensturz, Fernsehen DRS, 14.11.1983; siehe z.B. auch Berner Zeitung vom 15.11.1983
24) Van Zijl (1983); siehe Kapitel 3
25) Kassensturz, Fernsehen DRS, 14.11.1983; Hansen 1983 S.31; Franke/Viefhues, Das Ende... (1983) S.A7-1
26) Geschäftsbericht KKL 1982: 6500 Stunden bzw. 74 %. Im internationalen Durchschnitt erreichten Siedewasserreaktoren bisher nur 60 % (Jahrbuch (1984) S.B 47).
27) Lenoir/Orfeuil (1983)
28) 1982 stand während der Höchstlast des Landesverbrauchs mit 6926 MW und einer gleichzeitigen Leistung des Exportüberschusses von 1343 MW noch eine Leistungsreserve von 3344 MW zur Verfügung. Elektrizitätsstatistik 1982, S.8
29) Berechnet aufgrund Elektrizitätsstatistik (1982) S.34f
30) Tages-Anzeiger 5.9.1983
31) VSE (1980)
32) Nach Fischer (1983) S.24 setzt sich die heutige Kostenschätzung wie folgt zusammen:

Brennstoffkosten einschliesslich Endlagerung	3,5 Rp/kWh
Betriebskosten	1,5 Rp/kWh
Zinsen und Abschreibung	6,0 Rp/kWh
	11,0 Rp/kWh

Zinsen und Abschreibung sowie schätzungsweise 1 Rappen der Betriebskosten sind feste Kosten, auf 4000 anstatt 6500 Stunden verteilt machen sie 11,4 statt 7 Rappen aus. Die international durchschnittliche Arbeitsausnutzung der Siedewasserreaktoren von 60 % (siehe Anm. 26) würde einen Strompreis von 12,7 Rappen/kWh ergeben.
33) VSE (1983)
34) VSE (1980)
35) EEK: "Reservestellung in der Elektrizitätserzeugung", BEW Schriftenreihe Nr.14, Bern 1981, zit. nach Ledergerber (1981)
36) Ledergerber (1981)
37) siehe Anm. 35; VSE (1980)
38) Ledergerber (1981)
39) z.B. VSE (1980) S.8
40) Berechnet aus Elektrizitätsstatistik 1982 und Gesamtenergiestatistik 1982
41) Berechnet aus den Tarifbestimmungen von BKW und CKW, gültig ab Herbst 1983

42) Mauch/Ott (1983)
43) Tarife für den "Allelektrischen Haushalt", siehe Anm. 41
44) BKW, Geschäftsbericht 1982, S.16; Berner Zeitung 28.1.1984: "In der Nacht brauchen die Berner am meisten Strom - Elektroheizungen sind im Winter die Spitzenverbraucher"; Mauch/Ott (1983)
45) Maucht/Ott (1983); NZZ 6.3.1984: "Zufriedenstellender Geschäftsgang bei den NOK - erneute Strompreiserhöhung in Sicht"; Der Bund, 11.4.83: "BKW: Weitere Strompreiserhöhung 1985?"
46) Mauch/Ott (1983)
47) Mauch/Ott (1983)
48) VSE (1982)
49) Haag (1983)

Kapitel 5: Wärmemarkt: Atom statt Oel?

1) siehe z.B. GDI (1983)
2) SVA-Bulletin 20/1983
3) Enquête-Kommission (1980); Schleicher, Denkzwang... (1981)
4) Nach der Elektrizitätsstatistik 1982, S.3 (in GWh):

Landeserzeugung	52285		
davon AKW		14276	(27,3 %)
Exportüberschuss und Pumpspeicher	12359		
den AKW zugerechnet		12359	(100 %)
Landesverbrauch	39926		
verbleibender Beitrag AKW		1917	(4,8 %)

Wenn man die Uebertragungs- und Verteilverluste allen Erzeugerkategorien gleichmässig zurechnet, ergibt sich für den Endverbrauch Elektrizität ebenfalls ein AKW-Anteil von 4,8 %. Nach Gesamtenergiestatistik 1982 trug der Strom zum gesamten Endenergieverbrauch 19,8 % bei. Der AKW-Anteil am Endenergieverbrauch betrug somit 0,95 %. Zweite Rechnung: 27,3 % x 19,8 % = 5,4 %

5) Nach Gesamtenergiestatistik 1982, Tab.1 und Tab.24:

fossile Endenergie Verkehr	179,4 PJ	
fossile Bruttoenergie Verkehr (+1 %)		181,2 PJ
fossile Bruttoenergie total		531,2 PJ
Anteil Verkehr an fossiler Bruttoenergie	34,1 %	
Endenergie fossilen Ursprungs:		
flüssige Brennstoffe	265,7 PJ	
flüssige Treibstoffe	183,7	
Gas	39,8	
feste Brennstoffe (45 % fossil)	16,8	
Fernwärme (42 % fossil)	3,5	
	509,5 PJ	
fossile Endenergie Verkehr	-179,4	
Rest	330,1 PJ	

6) Gemäss Gesamtenergiestatistik 1982, S.4 haben am verbleibenden fossilen Energieverbrauch die Haushalte einen Anteil von rund 50%, die Industrie verbraucht etwa 24 % und der Sektor Gewerbe, Dienstleistungen, Landwirtschaft 26 %. Nach meiner Schätzung beträgt der Anteil Heizenergie im Haushaltbereich 80 %, in der Industrie 10 % und bei Gewerbe, Dienstleistungen und Landwirtschaft 60 %. Insgesamt ergibt sich daraus ein Heizenergieanteil von 58 %.

7) Für den Jahresverlauf des Raumwärmebedarfs siehe Winkelmann/Nipkow (1980) S.58. Während der 4 kalten Monate fällt der gesamte Heizenergiebedarf (60 % von 330 PJ) an, vermindert um den weiterhin gebrauchten fossilen Brennstoff zur Spitzendeckung (20 % von 330 PJ). Dazu kommt ein Drittel des gleichbleibenden Jahresverbrauchs (1/3 x 40 % von 330 PJ). Das ergibt zusammen 176 PJ. Nach Elektrizitätsstatistik 1982, S.3 betragen die Uebertragungs- und Verteilverluste 8,7 % des Endverbrauchs, bei grösseren Leistungen und neuen Installationen sind die Verluste vielleicht in klein wenig geringer. 176 PJ + 8 % = 190 PJ. Im Geschäftsbericht 1982 der Kernkraftwerk Leibstadt AG wird für das Winterhalbjahr mit 4000 Betriebsstunden und einer Produktion von 3,77 Mia kWh = 13,6 PJ gerechnet. Für vier Monate ergibt das 9,06 PJ. 190 PJ / 9,06 PJ = 21.

8) Das entspricht während der betrachteten theoretischen Heizperiode einer Reservekapazität von 23,8 %. Wegen der Belastungsschwankungen ist die Leistungsreserve während Kälteperioden wesentlich kleiner. Bei konventionellen thermischen Kraftwerken werden traditionell 15 % Leistungsreserve über die Spitzenbelastung hinaus als angemessen betrachtet. (BRD, siehe z.B. Franke (1983) S.103). Angesichts der ausserordentlich optimistischen Annahmen für die Verfügbarkeit der Kernkraftwerke im Winter (91 %!) und der starken Unregelmässigkeiten des Heizenergiebedarfs ist die hier angesetzte Reserve sehr knapp bemessen.

9) Moderne Wärmepumpenanlagen haben mittlere Leistungsziffern zwischen 2 und 3, d.h. die abgegebene Wärmemenge ist zwei- bis dreimal so gross wie die eingesetzte elektrische Energie. Mit sinkender Aussentemperatur sinkt auch die Leistungsziffer.

10) siehe Kasten am Ende von Kapitel 4

11) Am 16.11.1983 kosteten bei der Coop Bern 100 kg Heizöl extraleicht Fr. 66.70

12) GEK (1978) Bd.I, S.324

13) VSE (1983)

14) VSE (1976)

15) Berner Zeitung, 28.1.1984: "In der Nacht brauchen die Berner am meisten Strom"; Der Bund, 11.4.1984: "BKW: Weitere Strompreiserhöhungen 1984?"; Geschäftsbericht BKW, 1982

16) Mauch/Ott (1983); Bär (1983); NZZ 6.3.1984

17) VSE (1979)

18) Schweizerischer Bundesrat (1981)

19) GEK (1978) Bd.I, S.385

20) Schweizerischer Bundesrat (1981)

21) siehe Anmerkung 11)

22) siehe Tab. 4.2.

23) Elektrizitätsstatistik 1982; Kassensturz, Fernsehen DRS, 14.11.1983

24) siehe z.B. Der Bund, 11.4.1984: "Ertragslage der BKW deutlich verschlechtert"; NZZ 6.3.84: "Zufriedenstellender Geschäftsgang bei den NOK"

25) Wenn man von einem durchschnittlichen Atomstrompreis aus Kaiseraugst von 22 Rappen (siehe Ende von Kapitel 3) ausgeht, und annimmt, dass ein Export nicht mehr rentabel ist, das Atomkraftwerk nur 2800 von 5700 Betriebsstunden läuft und während des Stillstandes nur die Kapitalkosten anfallen, dann ergibt sich ein jährlicher Verlust von 675 Millionen Franken, sofern die Oelpreise und die Stromverteilungskosten real konstant bleiben.

26) siehe z.B. Der Bund 11.4.1984
27) "Wenn die Wälder sterben - kann Atomenergie helfen?", Gespräch zwischen Kurt Küffer (NOK) und Bernhard Wehrli (SGU), Weltwoche Nr.49 von 8.12.83
28) siehe z.B. WAL (1982) S.66; NZZ 23.3.84
30) BBC: "Fernbeheizte Schweiz?" Baden, 1973; siehe auch Tages-Anzeiger-Magazin vom 28.10.78
31) GEK (1978) Bd.I
32) TRANSWAAL (1978)
33) SVA 16/83; SVA 20/83; NZZ 23.3.84; BaZ 23.3.84; TR 13.3.84
34) WAL (1982)
35) SVA 20/83; Der Bund 15.3.84; Schweizerischer Bundesrat (1981)
36) Huber/Schmid/Zaengerle (1984) siehe insbes. S.24, 36, 112f, 135. Offensichtlich wurde für die Deckung des Heizwärmebedarfs die Ganzjahresproduktion von nur etwa 2 Kernkraftwerken eingesetzt.
37) vgl. folgenden Abschnitt, sowie Kap.6 und 8;
38) Schmitt/Schmidt/Suding (1982)
39) Stocker (1983)
40) Brückenbauer, 4.4.1984
41) Bundesamt für Bildung und Wissenschaft/Bundesamt für Energiewirtschaft (1983)
42) Gsponer/Giovannini/Branch (1981)
43) Giovannini et al. (1984)
44) Hörster (1980)
45) z.B. Binz (1983)
46) Mauch/Ott/Mauch (1980)
47) U. Roth, F. Häubi u.a.: "Wechselwirkungen zwischen Siedlungsstruktur und Wärmeversorgungssystem", Schriftenreihe "Raumordnung" des Bundesministeriums für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, 1980, zitiert nach Büchler et al. (1982)
48) Büchler et al. (1982) siehe insbes. S.2-28 und 275-296
49) Shell (1979)
50) Gsponer et al. (1981) S.88
51) ATEL-VR-Präsident Kohn an der Atel-Generalversammlung vom 28.6.1982, siehe SVA 13/82; NOK-VR-Präsident Geiger an der NOK-Bilanzpressekonferenz vom 7.3.83, siehe SVA 6/83

Kapitel 6: Elektrische Alternativen

1) Giovannini et al. (1984). Diese Arbeit wurde bereits Anfang 1983 abgeschlossen.
2) Giovannini/Delfosse (1984), siehe auch Ueli Haldimann: "Studie der Uni Genf zeigt auf: AKW Kaiseraugst überflüssig" in der Basler Zeitung vom 2.3.1984
3) Gsponer et al. (1981) S.108
4) Nørgard, J. "Low electricity household future", Technical University of Denmark, DK-2800 Lyngby, April 1980, zitiert nach Gsponer et al. (1981)
5) Giovannini et al. (1984) S.82
6) Gsponer et al. (1981) S.78
7) Gsponer et al. (1981) S.108
8) Persönliche Mitteilung von Antoine Delfosse, CUEPE, Nov. 1983. Weitere Resultate sollen publiziert werden in: A. Delfosse, B. Giovannini "Coûts-bénéfices de mesures d'économies d'énergie pour l'ensemble de la Suisse", CUEPE 1984.
9) Giovannini et al. (1984)

10) Tages-Anzeiger, Zürich, 21.10.1983
11) Schweizerische Elektrizitätsstatistik (1982)
12) Krause et al. (1980) S.131
13) Stadelmann (1978)
14) Hein (1983)
15) Hein (1983), ASUE (1980)
16) Nipkow (1983)
17) Basel & Hofmann/Sulzer (1982)
18) Hein (1983)
19) ASUE (1980)
20) R. Schleicher: Interview mit Karl Hein in "Wissenschaft aktuell", Radio DRS II, 11.10.1983
21) Werbeschrift der ASUE: "Nahwärme-Service Erdgas", Frankfurt, 1983
22) Heumann, Mehr Markt... (1983)
23) Stocker (1983)
24) Stocker (1983)
25) Heumann, Strategien... (1983)
26) siehe 20)
27) Basler & Hofmann/Sulzer (1980)
28) Ledergerber (1981)
29) Schmitt/Schmidt/Suding (1982)
30) Im folgenden Abschnitt stütze ich mich vor allem auf eigene Recherchen und Gespräche mit einer Reihe von Fachleuten auf verschiedenen Konferenzen. Siehe u.a. Schleicher, Strom vom Dach (1981), Schleicher, Sonnenstrom (1981), Frisch (1982), die Proceedings der Photovoltaik-Konferenzen der Europäischen Gemeinschaften (z.B. European Communities (1981)).
31) R. Schleicher: "Solarzellenproduktion auch in der Schweiz", Der Bund, Bern, 9.12.1980

Kapitel 7: Elektrizitätspolitik im Ausland

1) Business Week (23.5.1983)
2) Business Week (23.5.1983)
3) Flavin (1983) S.7
4) Business Week (23.5.83); Flavin (1983) S.38f
5) Business Week (23.5.83); Flavin (1983) S.38f
6) Solar Energy Research Institute, A New Prosperity: Building a Renewable Future, Andover, Mass.: Brick House, 1981, zitiert nach Flavin (1983) S. 57
7) Northwest Conservation and Electric Power Plan, Portland, Oregon: 1983, zitiert nach Flavin (1983) S.57; Mark Reis: Northwest opts for Soft Energy Path, Not Man Apart, june 1983.
8) Howard S. Geller, Energy Efficient Appliances, Washington DC, American Council for an Energy-Efficient Economy, 1983, zitiert nach Flavin (1983) S.57
9) Flavin (1983) S.58
10) Siehe u.a. Bund der Steuerzahler (1980) S.89f
11) Powledge/Morgan (1983); BUND (1983)
12) Powledge/Morgan (1983)
13) Schleicher, TAM (1981); Flavin (1983) S. 59f; Business Week (23.5.83)
14) Im Folgenden stütze ich mich vor allem auf Lenoir/Orfeuil (1983)
15) Landes- oder Primärenergieverbrauch, er ist höher als der bis hierher meist diskutierte Endenergieverbrauch
16) Die Definition des Industriesektores ist hier enger gefasst, als in den OECD-Statistiken

17) Lenoir/Orfeuil (1984)
18) Siehe Kapitel 2, Anmerkung 27
19) Crémieux, J.: "Une prospective de la consommation d'énergie à long terme" Rapport du groupe de travail du C.G.P. présidé par Monsieur Bloch-Lainé, 1980, zitiert nach GSIEN (1982) S.20ff
20) C.G.P. (Commissariat Général au Plan): Rapport de la commission Energie et Matières premières. La Documentation Française, Paris, 1980, zitiert nach GSIEN (1982) S.24f, siehe auch Kapitel 8.

Kapitel 8: Atomenergie schadet der Wirtschaft

1) Siehe auch Schleicher (1981)
2) Stobaugh/Yergin (1979) S.323, 192, 326 und 336
3) SVA-Bulletin 2-1984 S.22
4) Siehe zum Beispiel: Jenseits der Sachzwänge (1978), Ledergerber (1979), Lovins (1977), Krause/Bossel/Müller-Reissmann (1980), Enquête-Kommission (1980), U.S. Departement of Energy (1980)
5) z.B. Schleicher (1983); C.C. Garvin: Exxon today, The Lamp, New York Exxon, New York, Winter 1983
6) Motor Columbus (1976), Berechnung des Durchschnitts aufgrund der Tabelle auf S.50. Der Stromkostenanteil beträgt im Durchschnitt 1,0 Prozent.
7) Garnreiter, F. et al.: Zur internationalen Wettbewerbsfähigkeit energieintensiver Industriezweige in der Bundesrepublik Deutschland, Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung, Karlsruhe, Januar 1982, S.69, zitiert nach Traube/Ullrich (1982) S.332; siehe auch Klauder (1982) S.16
8) Traube/Ullrich (1982) S.332
9) Traube/Ullrich S.335
10) Pro Kopf brauchen die Westdeutschen 10 % mehr Primärenergie als die Schweizer, auf das Bruttosozialprodukt bezogen gar 33 % mehr (berechnet aus den Angaben auf S.175 und 344 von IEA, Energy Policies (1982))
11) Siehe z.B. Traube/Ullrich (1982) S.337f, die dort angegebenen Zitate des Fraunhofer-Instituts und der Prognos AG; Klauder (1982) S.16f; das Zitat aus dem 'Rapport Crémieux' bei GSIEN (1982) S.24
12) Siehe Tab. 4.1.
13) VSE (1983) S.3
14) Mauch/Ott/Mauch (1980) S.121f
15) Rodberg (1979), siehe auch Schleicher (1980)
16) Berechnungen der Commission Energie et Matières Premières siehe GSIEN (1982) S.25
17) siehe GSIEN (1982) S.26
18) Klauder (1982), siehe auch Klauder (1980)
19) Hohmeyer, O./Rahner, H.-J.: Untersuchung der Auswirkungen des Baus von ausgewählten Technologien zur rationelleren Energieverwendung und zur Nutzung von regenerativen Energiequellen auf die Produktion und Beschäftigung in der Bundesrepublik Deutschland. Bremen 1980. Zitiert nach Klauder (1980)
20) Browa et al. (1978)
21) Spitzley (1983)
22) Brunner (1982)
23) Ledergerber/Mauch (1982)
24) Ruggero Schleicher: Energiesparen schafft Arbeitsplätze, in Energie + Umwelt Nr.3/83, Schweizerische Energie-Stiftung, Zürich, 1983
25) Gesamtenergiestatistik 1982; siehe auch Kapitel 5; Baptist Gehr in der Weltwoche vom 3.5.1984; Energieforum (1983)

Quellenverzeichnis

Artikel aus der Tagespresse sind im allgemeinen nur in den Anmerkungen aufgeführt.

AEN/OCDE (Agence pour l'énergie nucléaire de l'OCDE): "L'énergie nucléaire et son cycle du combustible", OECD, Paris, 1982

ASUE (Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.): "Blockheizkraftwerke: Technik, Wirtschaftlichkeit und organisatorische Fragen", ASUE-Schriftenreihe Nr. 3, Vulkan-Verlag Essen, 1980

Basler & Hofmann / Sulzer Consulting: "Der Beitrag neuer Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen zur Elektrizitätsversorgung", im Auftrag der Eidg. Energiekommission, Schriftenreihe des Bundesamtes für Energiewirtschaft, Studie Nr. 11, EDMZ, Bern, 1980

Bär, Willy: "Atomstrom erledigt sich von selbst", Tell, Zürich, Nr. 6/1983

Baumgartner, Hansjakob: "Atomenergie - Quelle neuer Abhängigkeit", in: Energieprobleme der Dritten Welt, Informationsdienst 3. Welt, Bern, 1981

Binz, Armin: "Energiebewusstes Bauen mit dem Klima und der Sonne", SES-Report 13, Schweizerische Energie-Stiftung, Zürich, 1983

Breuer, Georg: "Vorstoss ins Unbekannte", Natur 12/82, S.24, München 1982

Browa, H. / Eckerle, K. / Masuhr, K. / Weidig, I.: "Längerfristige Wirtschaftsentwicklung und wirtschaftspolitische Handlungsmöglichkeiten", Prognos AG, Basel, Oktober 1978

Brunner, Conrad: "Auslöser und Nebenwirkungen beim Energiesparen im Bauwesen", in 'Wärmeschutz-Forschung im Hochbau, 2. schweizerisches Status-Seminar', EMPA Dübendorf, Oktober 1982

Büchler, Eckart / Juch-Neubauer, Ursula / Lehmann, Bernd / Schallaböck, Karl-Otto / Traube, Klaus (Technische Universität Berlin): "Raumwärmeszenario 2000", Schriftenreihe Energie und Gesellschaft, Heft 14, Berlin, Mai 1982

von Bülow, Andreas: "Der Schnelle Brüter hat keine Chance", Der Spiegel 10/83, Hamburg, 1983

BUND (Bund für Umwelt- und Naturschutz): "200 US-Stromversorger bieten ihren Kunden Energiesparprogramme an und vermeiden teure Kraftwerksneubauten", Presseinformation, Freiburg i.Br., 13. 12. 1983

Bund der Steuerzahler Schleswig-Holstein e.V.: "Verschwendung von Energie und öffentlichen Mitteln als Folge der Verflechtung von Staat und Energiewirtschaft", Oktober 1980

Bundesamt für Bildung und Wissenschaft / Bundesamt für Energiewirtschaft: "Liste der Projekte Forschung, Entwicklung und Demonstration im Bereich der Energie in der Schweiz, Serie D (1983)", Bern, 1983

Bupp, Irvin C. / Derian, Jean-Claude / Donsimoni, Marie-Paule / Treitel, Robert: "The Economics of Nuclear Power", Technology Review, February, 1975, S.15-25

Bupp, Irvin C. / Derian, Jean-Claude: "Light Water", Basic Books, New York, 1978

Buser, Marcos / Wildi, Walter: "Das Gewähr-Fiasko, Materialien zum gescheiterten Projekt Gewähr der NAGRA", Schweizerische Energie-Stiftung, Zürich, 1984

Business Week: "The Vicious Circle that Utilities Can't Seem to Break", may 23, 1983

Büssem, Eberhard: "Grabsteine des Fortschritts - Die Ernüchterung in Amerikas Atomindustrie", in Franke/Viefhues, Fiasko, 1983

Carlevaro, F. / Spierer, C.: "Nouvelles perspectives d'évolution de la demande d'énergie en Suisse jusqu'à l'an 2000", Série de publications du CUEPE no.11, Université de Genève, 1984

Damveld, Herman: "Das nukleare Wunderland, Frankreichs billiger Atomstrom - eine Illusion", in Franke/Viefhues, Fiasko, 1983

Deutsches Atomforum (Hrsg.): "Rede - Gegenrede, Symposion der Niedersächsischen Landesregierung zur grundsätzlichen sicherheitstechnischen Realisierbarkeit eines integrierten Entsorgungszentrums", Bonn 1979

Diener, Werner: "Ursachen für die Kostensteigerung von Kraftwerksanlagen aus der Sicht des Herstellers", in SVA 1983

Bundesamt für Energiewirtschaft: "Schweizerische Elektrizitätsstatistik", VSE, Zürich, verschiedene Jahrgänge

Eliott, Dave: "Grossbritannien - Aufstieg und Niedergang der Atomindustrie", in Lutz Mez (Hrsg.) "Der Atomkonflikt", Olle & Wolter, Berlin, 1979

Elmiger, Ernst, Nordostschweizerische Kraftwerke AG: "Die Kostenentwicklung bei Neuanlagen von Kraftwerken", in SVA 1983

Energieforum Schweiz: "Die Substitution von Erdöl in den 80er Jahren", EF-Dokumentation Band 23, Bern September 1983

Energy Information Administration: "Nuclear Plant Cancellations: Causes, Costs an Consequences", US Department of Energy, Washington D.C. 20585, April 1983, DOE/EIA - 0392

Enquête-Kommission des deutschen Bundestags: "Zukünftige Kernenergiepolitik", Deutscher Bundestag, Presse- und Informationszentrum, Bonn 1980

Commission of the European Communities: "Third E.C. Photovoltaic Solar Energy Conference", Reidel, Dordrecht/Boston/London, 1981

Exxon Corporation: "World Energy Outlook - December 1979", Exxon Corp., New York, 1980

Fehle, Martin (Motor Columbus Ingenieurunternehmung AG): "Stromgestehungskosten bei Wasserkraftwerken", im Auftrag des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes, Baden, 1983

Finanz und Wirtschaft: "In der Sackgasse", Zürich, 17.12.1983

Fischer, Peter U.: "Das Projekt Leibstadt", in SVA 1983

Flavin, Christopher: "Nuclear Power: The Market Test" Worldwatch Paper 57, Worldwatch Institute, Washington D.C. 1983

Foratom: "Status Report on Nuclear Power in Western Europe - Summer 1983", Foratom (Forum Atomique Européen), London 1983

Ford-Foundation: "Das Veto", Umschau, Frankfurt, 1977

Franke, Jürgen: "Atomenergie ist überflüssig", in Franke/Viefhues, Fiasko, 1983

Franke, Jürgen: "Die Diskussion um die Kosten der Atomkraftwerke", Oeko-Mitteilungen, Freiburg, Nr.1/1984, S.11

Franke, Jürgen / Viefhues, Dieter (Oeko-Institut Freiburg): "Das Ende des billigen Atomstroms", Verlag Kölner Volksblatt, Köln, 1983

Franke, Jürgen / Viefhues, Dieter (Oeko-Institut Freiburg): "Fiasko Atomenergie, Verlag Kölner Volksblatt, Köln 1983

Franke, Jürgen / Viefhues, Dieter: "Atomkraft - zu teuer erkauft", in Franke/Viefhues: Fiasko, 1983

Franke, Jürgen / Viefhues, Dieter: "Stromgestehungskosten in Baden-Württemberg", erstellt im Auftrag der Grünen in Landtag von Baden-Württemberg, Bremen/Stuttgart 1984

Frisch, Franz: "Strom aus Sand und Sonne", GEO, Okt. 1982

GDI (Gottlieb-Duttweiler-Institut): "Kohlendioxid - eine Gefahr für unsere Umwelt?", Vorträge einer Tagung vom 25.4.1983, GDI, Rüschlikon 1983

Eidgenössische Kommission für die Gesamtenergiekonzeption GEK: "Das schweizerische Energiekonzept", Schlussbericht, EDMZ, Bern, 1978

Bundesamt für Energiewirtschaft: "Schweizerische Gesamtenergiestatistik", VSE, Zürich, verschiedene Jahrgänge

Giovannini, B. / Carlevaro, F. / Aebischer, B. / Delfosse, A. / Chaze, J.-P. /Spierer, Ch. / Huber, G. / Tschopp, P. / Delley, J.-D.: "Influence de mesures légales sur la demande d'énergie", Série de publications du CUEPE no 13, Centre Universitaire d'Etude des Problèmes de l'Energie, Genève, janvier 1984

Giovannini, A. / Delfosse, A.: "Influence sur la consommation d'énergie des scénarios de politique énergétique en Suisse", Série de publications du CUEPE no 12, Université de Genève, 1984

GSIEN (Groupement des Scientifiques pour l'Information sur l'Energie Nucléaire): "Eléments pour un vrai débat sur l'énergie (2)", La Gazette nucléaire 46/47, Orsay 1982

Gsponer, A. / Giovannini, B. / Branch, J.: "Conservation de l'énergie: Recherches et réalisations techniques dans l'habitat et l'équipement ménager",

CUEPE, Université de Genève, Juin 1981

Haag, Erich (Motor-Columbus AG): "Stromkosten - was steckt dahinter?", in SVA (1983)

Hansen, Ulf: "Kernenergie und Wirtschaftlichkeit", Verlag TüV Rheinland, Köln, 1983

Hansen, Ulf: "Wirtschaftlichkeit der Kernenergie in der Bundesrepublik Deutschland", in SVA (1983)

Harder, Franz Josef: "Bemerkungen zu aktuellen unternehmungspolitischen Fragen", Pressekonferenz der Nordostschweizerischen Kraftwerke AG vom 7. März 1983

Hatzfeldt, H., Hirsch, H., Kollert, R.: "Der Gorleben-Report", Fischer, Frankfurt, 1979

Hauff, Volker: "Vor allem werden Kosten erbrütet...", Die Zeit, Hamburg, 9. 12. 1983

Hein, Karl: "Volks- und betriebswirtschaftliche Aspekte kommunaler und industrieller Energiekonzepte in der Bundesrepublik Deutschland und in Oesterreich", Vortrag vor der politischen Akademie in Wien am 1.10.1983, Kurzfassung

Heine, Werner: "Ausgebrütet", in Franke/Viefhues, Fiasko, 1983

Heumann, Pierre: "Strategien zur Ueberwindung von Markthindernissen, am Beispiel der Energienachfrage privater Haushalte", Dissertation an der Universität Basel, Zentralstelle der Studentenschaft, Zürich, 1983

Heumann, Pierre: "Mehr Markt in der Elektrizitätsversorgung", in "Wärme-Kraft-Kopplung in dezentralen Anlagen", Schweizerische Energie-Stiftung, Zürich, 1983

Hörster, H. (Hrsg.): "Wege zum energiesparenden Wohnhaus", Philips Fachbücher, Hamburg 1980

IEA (International Energy Agency): "World Energy Outlook", OECD, Paris, 1982

IEA: "Energy Policies and Programmes of IEA Countries, 1982 Review", OECD, Paris 1983

IEA: "District heating and combined heat and power systems", OECD, Paris, 1983

IEA: "Nuclear Energy Prospects", OECD, Paris, 1982

Jahrbuch der Atomwirtschaft 1984, Verlag Handelsblatt, Düsseldorf/Frankfurt, 1984

Mauch, Samuel et al.: "Jenseits der Sachzwänge", ein Beitrag der Umweltorganisationen zur schweizerischen Gesamtenergiekonzeption, SBN/SES/SGU/SSES/SVV /WWF, Zürich 1978

Jungk, Robert: "Der Atomstaat", Kindler, München, 1977

Klauder, Wolfgang: "Zu den Arbeitsmarktauswirkungen unterschiedlicher Energiestrukturen", in: Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung 1/1980, Kohlhammer, Stutgart 1980

Klauder, Wolfgang: "Regenerative Energien und Arbeitsmarkt", Vortrag auf dem 4. Internationalen Sonnenforum am 9.10.1982 in Berlin (Vortragsfassung). Eine vorläufige Fassung wurde veröffentlicht in: Tagungsbericht des 4. Int. Sonnenforums, Bd. 1, DGS-Sonnenenergie Verlags-GmbH, München 1982

Knechtli, Peter: "Klammheimlich ein Skandal", Weltwoche, Zürich, 3.8.1983

Koch, Ursula: "Vorstoss in die Sackgasse", Energie + Umwelt Nr. 1/83 S.6, Zürich, 1983

Kollert, Roland: "Die Kunst der Fehlprognose", in: Franke/Viefhues, Fiasko, 1983

Krause/Bossel/Müller-Reissmann: "Energie-Wende - Wachstum und Wohlstand ohne Erdöl und Uran", Frankfurt, 1980

Laue, H.J.: "Nuclear Energy: Facing the Future", International Atomic Energy Agency Bulletin, Supplement 1982, Wien 1982

Ledergerber, Elmar: "Wege aus der Energiefalle", Verlag Rüegger Diessenhofen 1979

Ledergerber, Elmar: "Ist Kaiseraugst wirklich nötig?" in der gleichnamigen Stellungnahme der schweizerischen Umweltorganisationen zum Bericht der Eidg. Energiekommission (EEK) und zum 10-Werke-Bericht, Schweizerische Energie-Stiftung, 1981

Ledergerber, Elmar / Mauch, Samuel: "Economies d'énergie et relance économique", Referat an einer Tagung des Bundesamtes für Konjunkturfragen in La-Chaux-de Fonds am 25.2.82, INFRAS, Zürich, Februar 1982

Dethomas, Bruno: "Un rapport officiel souligne le surequipement de la France en centrale nucléaires", Le Monde, Paris 14.5.1983

Lenoir, Yves / Orfeuil, Jean-Pierre: "EDF devient un fardeau pour la France", Science et Vie, Nov. 1983

Lenoir, Yves / Orfeuil, Jean-Pierre: "1970-1990: 20 ans de politique énergétique française", Manuskript, Groupe Energie & Développement, Paris 1984, verfasst für die Zeitschrift "Futuribles".

Lovins, Amory: "Sanfte Energie", Reinbek, 1978, Original: "Soft Energy Paths", 1977

Lovins, Amory B. / Lovins, B. Hunter: "Atomenergie und Kriegsgefahr", Rowohlt, Reinbek 1981

Mauch, Samuel / Ott, Walter / Mauch, Ursula: "Energieleitbild beider Basel, Ergänzungsstudie", INFRAS, 8002 Zürich, April 1980

Mauch, S., Ott, W.: "Elektrizitätstarife und die Wirtschaftlichkeit von Elektrizität", in SAGES: Schweizer Energiefachbuch 83/84, M&T Verlag, St. Gallen, 1983

Michaelis, Hans: "Kernenergie", dtv, München 1977

Motor Columbus Ingenieurunternehmung AG: "Die Kosten der Energieversorgung in der Schweiz", Schriftenreihe der Eidg. Kommission für die Gesamtenergiekonzeption, Studie Nr. 2, EDMZ, Bern 1976

Naegelin, Roland: "Ursachen der Kostenentwicklung von Neuanlagen aus der Sicht der Behörden", in SVA (1983)

Nipkow, Jürg: "Wirtschaftlichkeit von Wärme-Kraft-Koppelungs-Anlagen", in "Wärme-Kraft-Kopplung in dezentralen Anlagen", Schweizerische Energie-Stiftung, Zürich 1983

OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development): Perspectives Economiques de L'OCDE, Nr. 34, Paris, décembre 1983

OECD/IEA: "Energiy Statistics 1971/1981", Paris 1983

OECD/IEA: "Energy Statistics 1981/1982", Paris, 1984

OECD/IEA: "Energy Balances of OECD Countries 1970/1982", Paris, 1984

Powledge, Fred / Morgan, Hank: "Can TVA Change Its Spots?", Sierra Club, 1983

Radkau, Joachim: "Aufstieg und Krise der deutschen Atomwirtschaft 1945-1975", Reinbek 1983

Rodberg, Leonard S.: "Beschäftigungswirkungen beim Uebergang zu einer alternativen Energiestruktur", in Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung 1/1980, Kohlhammer, Stuttgart, 1980, leicht gekürzte Uebersetzung des amerikanischen Originals: "Employment Impact of the Solar Transition", prepared for the U.S. Congress, Subcommittee on Energy of the Joint Economic Committee, Washington DC 1979

Rossel, Jean: "Atompoker", Zytglogge, Bern 1978

Rossnagel, Alexander: "Bedroht die Kernenergie die Freiheit?", C.H. Beck, München, 1983

Schleicher, Ruggero: "Energiepolitik und die Angst vor der Arbeitslosigkeit", Basler Magazin Nr. 43, Basler Zeitung vom 25.10.1980

Schleicher, Ruggero: "Was ist Denkzwang und was Sachzwang?", in: "Ist Kaiseraugst wirklich nötig?, Schweizerische Energie-Stiftung, Zürich 1981

Schleicher, Ruggero: "Sonnenstrom: Angepasste Energietechnik?", in "Energieprobleme der Dritten Welt", Informationsdienst Dritte Welt, Bern, 1981

Schleicher, Ruggero: "Strom vom Dach", Basler Magazin Nr. 15, Basler Zeitung, 11.4.1981

Schleicher, Ruggero: "Willkommen im Verein der Energiesparer", Tages-Anzeiger-Magazin (TAM) Nr. 26, 1981

Schleicher, Ruggero: "Neue Technologien - eine Chance für die Demokratie?", Doppelpunkt, Radio DRS I, 4.9.1983

Schmitt, D. /Junk, H. (Energiewirtschaftliches Institut an der Universität Köln, EWI): "Kostenvergleich der Stromerzeugung auf der Basis von Kernenergie und Steinkohle", atomwirtschaft, Mai 1982, S.270-274 (Zusammenfassung der EWI-Studie von 1981)

Schmitt, D. / Schmidt, D. / Suding, P.H.: "Parameterstudie zur Weiterentwicklung der Strombeschaffung und Fernwärmeerzeugung bei der Stadtwerke Hannover AG", Energiewirtschaftliches Institut an der Universität Köln, Köln, April 1982

Schulz, Erich H.: "Vorkommnisse und Strahlenunfälle in kerntechnischen Anlagen", Thiemig, München 1965

Schweizerischer Bundesrat: "Botschaft über die Genehmigung des Bundesratsbeschlusses zur Erteilung der Rahmenbewilligung für das Kernkraft Kaiseraugst", Bern, Dezember 1981

Bundesamt für Energiewirtschaft: "Schweizerische Elektrizitätsstatistik", Bern, verschiede Jahrgänge, Sonderdrucke aus Bulletin SEV/VSE

Bundesamt für Energiewirtschaft: "Schweizerische Gesamtenergiestatistik", Bern, verschiedene Jahrgänge, Sonderdrucke aus Bulletin SEV/VSE

Shell Briefing Service: "Verbesserte Energienutzung", Shell, Wien/Zürich/Hamburg, Juli 1979

Sievert, D. / Pohlmann, M. / Hildebrand, T. / Manthey, C. / Mönig, W. (Kernforschungsanlage Jülich): "Stromerzeugungskosten in Kohlen- und Kernkraftwerken, ein Vergleich neuerer Untersuchungen", Aktuelle Beiträge zur Energiediskussion Nr. 8, Jül-Spezz-223, Jülich, September 1983

Spitzley, Helmut (TU Berlin): "Energiesparen als Beschäftigungspolitik", Schriftenreihe Energie und Gesellschaft, Heft 18, Berlin, Juni 1983

Stadelmann, Martin: "Blockheizkraftwerke", Technische Rundschau, Bern, 8.8.1978

Knauer, Sebastian: "Mit Atomkraft in die Pleite", Der Stern, Hamburg, Nr. 52/1983

Stocker, Erhard: "Wärme-Kraft-Kopplung in Basel", in "Wärme-Kraft-Kopplung in dezentralen Anlagen", Schweizerische Energie-Stiftung, Zürich, 1983

Strohm, Holger: "Friedlich in die Katastrophe", Zweitausendeins, Frankfurt, 1981

SVA (Schweizerische Vereinigung für Atomenergie): SVA-Bulletin, zweiwöchentlich, mehrere Jahrgänge

SVA (Schweizerische Vereinigung für Atomenergie): "Kostenentwicklung bei Kernkraftwerken und anderen stromerzeugenden Systemen", Informationstagung 21/22, Nov. 1983 in Zürich, Tagungsreferate, Bern, 1983

Speck, Kurt: "KKW-Finanzierung für Wallstreet zu riskant", Tages-Anzeiger, Zürich, 20.1.1984

TIME: "Whoops! A $ 2 Billion Blunder, Fallout from a record default spreads from Washington State to Wallstreet", New York, August 8, 1983

Konsortium Projekt TRANSWAAL: "Projektstudie TRANSWAAL Schlussbericht", Baden, 1978

Traube, Klaus: "Müssen wir umschalten?", Rowohlt, Reinbek, 1978

Traube, Klaus: "Ein Scherbenhaufen in der Atomszene", Der Spiegel, 23.1.1984

Traube, Klaus / Ullrich, Otto: "Billiger Atomstrom?", Rowohlt, Reinbek 1982

U.S. Department of Energy, Assistant Secretary for Policy and Evaluation, Deputy Assistant Secretary for Conservation and Renewable Resources: "Low Energy Futures for the United States", Washington D.C. June 1980

Van Zijl, Nico (Motor-Columbus Ingenieurunternehmung AG): "Analyse der Kostenentwicklung bestehender Kraftwerke", in SVA 1983

VSE (Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke): "Vorschau auf die Elektrizitätsversorgung der Schweiz - Sechster Zehn-Werke-Bericht", Zürich, 1979

VSE (Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke): "Die Reservehaltung in der schweizerischen Elektrizitätswirtschaft", Zusatzbericht zum sechsten Zehn-Werke-Bericht", VSE, Zürich, Mai 1980

VSE-Kommission für Energietarife: "Strompreisgestaltung - Stand der Entwicklungen", Bull. SEV/VSE 22/1982

VSE (Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke), Geschäftsbericht 1982, Zürich, 1983

Planungsgruppe Region Baden-Wettingen: "Wärmeversorgungskonzept Aare-Limmattal (WAL)", Schlussbericht, Wettingen, Dezember 1982

Weinberg, Alvin: "The maturity of nuclear energy", in H.H. Loosli (Hrsg.): "Probleme der Energieversorgung, Seminar im Rahmen des Collegium Generale der Universität Bern", Seite 82, Bern, 1975

Winkelmann, Peter / Nipkow, Jürg: "Wärmepumpen", SES-Report Nr. 11, Schweizerische Energie-Stiftung, Zürich, 1980