

## DIE ZUKÜNFTIGE ENTWICKLUNG DER KERNENERGIE IN DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFT

H. BENZLER

*Commission of the European Communities, General Directorate for Industrial, Technological and Scientific Affairs,  
Directorate of Scientific Policy and Coordination of Research, Brussels, Belgium*

Received 20 September 1971

The essay begins by estimating the electricity requirements of the six Community member countries up to the year 2000. Certain reasonable assumptions are then made to deduce the quantitative development of nuclear energy. Mention is also made of a number of incidental problems which are still to be cleared up before the required number of nuclear power plants can be built. The essay presents two programmes for the implementation of the Community's nuclear power plants on the basis of the present outlook for the development of those reactor types which can be considered for industrial use. Both programmes are based on the assumption that until sometime in the 1980's, apart from a few prototypes, the only reactors which can enter into consideration will be of the light water type.

### 1. Zuwachsraten des Energiebedarfes

Zur Schätzung der zukünftigen Bedeutung der Kernenergie müssen zunächst einmal die Aussichten für die Entwicklung des Bedarfs an elektrischer Energie ermittelt werden.

In der gesamten Gemeinschaft hat sich dieser Bedarf bisher nach einer Exponentialtendenz von im Mittel nahezu 7,5% pro Jahr entwickelt, was einer Verdoppelung in zehn Jahren entspricht. 1970 belief sich die Elektrizitätsnachfrage auf 561 Milliarden kWh gegenüber 272 zehn Jahre zuvor.

Die Schätzung des Elektrizitätsbedarfs bis 1975 an Hand verschiedener nationaler Informationen bestätigt nach neuesten Untersuchungen die jährliche Zuwachsrate von 7,5%. Es erscheint weiterhin vernünftig, diese Rate auch für die Abschätzung der Nachfrage bis 1980 zugrunde zu legen.

Für die Zeit nach 1980 wurden wegen der Unsicherheit hinsichtlich der Entwicklung von Technik und Verbrauchergewohnheiten die Tendenzen des Elektrizitätsverbrauchs nach zwei verschiedenen Hypothesen abgeschätzt: die erste setzt eine Verdoppelung der Nachfrage all zehn Jahre bis zum Ende des Jahr-

hunderts voraus, während die zweite von abnehmenden Zuwachsraten ausgeht.

Die zweite, die "schwache" Hypothese, die von 1980 an eine leichte Verlangsamung im Anstieg der Elektrizitätsnachfrage voraussieht, gründet sich zum Teil auf der Tatsache, dass die Elektrizität im Verhältnis zum gesamten Energieverbrauch zu einem bestimmten Zeitpunkt eine Höchstgrenze erreichen wird.

Nach dieser Hypothese wird mit jährlichen Zuwachsraten von 6,75% in der Zeit von 1980 bis 1985, von 6% bis 1990 und von 5,25% bis zum Jahr 2000 gerechnet.

Der jährliche Elektrizitätsverbrauch in der Gemeinschaft wird hiernach im Jahr 1985 auf etwa 1 500 Milliarden kWh ansteigen und am Ende des Jahrhunderts etwa 3 500 Milliarden kWh betragen.

### 2. Entwicklung der Kernenergie

Die Verbrauchsstruktur der Kraftwerke war in letzter Zeit durch die schrittweise Verdrängung der Kohle gekennzeichnet, die von den grösstenteils durch

Raffinieren von Erdöl gewonnenen Kohlenwasserstoffen ersetzt worden ist. Die dadurch entstandene starke Abhängigkeit von Drittländern kann sich mit der Zeit nur verstärken, wenn man die enormen Elektrizitätsmengen, die in der Zukunft erzeugt werden müssen, sowie die Unmöglichkeit einer der Zunahme des Bedarfs entsprechenden Entwicklung der innergemeinschaftlichen Energiequellen bedenkt.

Nur die Kernenergie kann mit der Zunahme der Nachfrage Schritt halten, wenn beste Preisgünstigkeit und Versorgungssicherheit gewährleistet werden sollen.

Über die bis 1975 im Betrieb oder im Bau befindlichen sowie geplanten Anlagen stehen uns entsprechende Daten zur Verfügung, die sich kaum ändern werden. Für die Zeit nach 1975 wurden die im Sechsten Plan Frankreichs vorgesehenen Vorhaben in die Gesamtschätzung einbezogen, ferner die von den deutschen Erzeugern angekündigten Projekte und die für die anderen Mitgliedsländer der Gemeinschaft vorliegenden Absichtserklärungen, die im allgemeinen nur hinweisenden Charakter haben.

Mehrere Gründe verlangsamen die Errichtung von neuen nuklearen Anlagen und verhindern, dass die für die Befriedigung der Bedarfszunahme bestimmte zusätzliche Leistung ausschliesslich von der Kernenergie gedeckt wird, obwohl diese wettbewerbsfähig ist.

Gewisse privilegierte Energieträger wie Braunkohle und Laufwasserkraft teilen sich mit der Kernenergie in den Grundlastbereich; andere werden in Spitzenlastkraftwerken eingesetzt, für welche Kernenergie in Anbetracht der kurzen Einsatzzeitspannen nicht in Frage kommt.

Bei einer relativ geringen Produktion der Spitzenlastkraftwerke stellen diese zur Zeit doch rund 25% der elektrischen Leistungen des gesamten Kraftwerksparks; in der Zukunft wird sich ihr Anteil vermutlich auf einen Stand von etwa 20% halten. Die Errichtung von Spitzenlasteinheiten – vor allem von Pumpspeicherwerken – wird gleichzeitig mit der Entwicklung der Kernenergie vorangetrieben.

Daraus folgt, dass die Kernenergie im allgemeinen nur die Energieträger des nichtprivilegierten Sektors ersetzen wird. Auf diesem Sektor werden jedoch Einheiten, die weiterhin klassische Brennstoffe verwenden, fortbestehen. Dabei handelt es sich vor allem um die bestehenden, in der Phase der Abschreibung begriffenen Kraftwerke sowie um solche, deren im Ver-

gleich zu den Kernkraftwerken verhältnismässig bescheidene Grösse entweder durch den Verwendungszweck oder die Nachfrage bestimmt wird.

Der Anteil der Kernenergie an der in der Gemeinschaft zu installierenden Zusatzleistung wird entsprechend plausiblen Annahmen von etwa 40% im Jahr 1975 auf etwa 2/3 gegen Ende dieses Jahrhunderts ansteigen.

Die in Betrieb befindliche Nuklearleistung würde damit von 3 200 MWe im Jahre 1970 auf 100 000 MWe für 1985 und etwa 420 000 MWe im Jahr 2000 ansteigen, entsprechend 50% der innergemeinschaftlichen Gesamtleistung.

Unter Verwendung gewisser vernünftiger Annahmen für Inbetriebnahme, Lebensdauer und Jahrbenutzungsdauer der Kernkraftwerke errechnet sich die nukleare Stromerzeugung für 1985 zu 550 und für das Jahr 2000 zu 2 500 Milliarden kWh (gleich 70% des erzeugten Stroms), gegenüber einem Wert von nur 14 Milliarden kWh im Jahr 1970.

Die für den Betrieb der herkömmlichen Kraftwerke eingeführten Brennstoffmengen sind weiterhin beachtlich: 1985 werden 110 Millionen Tonnen Erdöleinheiten verbraucht und am Ende dieses Jahrhunderts wird ein Höchstwert von 140 Millionen Tonnen erreicht.

Die Unsicherheitsfaktoren in der Versorgung mit Erdölzeugnissen werden mit steigendem Bedarf eher noch zunehmen.

Ferner dürfen die Verschmutzungsprobleme, die eine massive Verwendung von Schwerölprodukten zur Folge haben würde, nicht unterschätzt werden. Die gegenwärtig auf diesem Gebiet im Gange befindlichen Forschungen dürften zwar schon ziemlich bald zu einer Verminderung der in die Atmosphäre abgegebenen Schwefelmengen führen. Doch bleibt das Ausmass der verbleibenden Verschmutzung – angesichts der Zunahme des zukünftigen Verbrauchs – beträchtlich.

Deshalb erscheint es wünschenswert, die gesteckten nuklearen Ziele noch zu überschreiten, um den Verbrauch von Heizöl einzuschränken.

Die neue Lage auf dem Energiemarkt scheint kürzlich eine spürbare Beschleunigung der nuklearen Entwicklungen hervorgerufen zu haben, doch ist dies mehr auf den Beschluss zur Verwirklichung von bisher schwebenden Vorhaben als auf einen eigentlichen Durchbruch der Kernenergie auf dem Markt zurückzuführen.

Das eigentliche industrielle Instrument zur Realisierung der erforderlichen Zahl von zuverlässigen nuklearen Anlagen muss teilweise noch geschaffen werden.

Die Hindernisse, die zur Verwirklichung dieses Ziels überwunden werden müssen, sind hauptsächlich struktureller und finanzieller Art. Die erste Gruppe betrifft die Herstellerunternehmen, denen eine selektive und über die Landesgrenzen hinausgehende Umstrukturierung eine Wettbewerbsfähigkeit verleihen könnte, die derjenigen der grossen amerikanischen Hersteller vergleichbar wäre. Diese Integration ist bisher durch das Fehlen eines tatsächlich offenen Marktes behindert worden.

Die zweite Gruppe von Hindernissen betrifft die Elektrizitätserzeuger, die zur energischen Durchführung von nuklearen Programmen gewisser Hilfen bedürfen. Diese Hilfen würden u.a. die Erleichterung der finanziellen Lasten umfassen, die die bei Kernkraftwerken unerlässlichen Investitionen zur Sicherstellung einer Reserve für den Fall einer Nichtverfügbarkeit bedeuten.

Der Einsatz der Kernenergie muss unverzüglich und energisch vorangetrieben werden, damit sich die Industrie auf ihre Aufgaben von morgen vorbereiten kann; mehr denn je besteht das Hauptziel dieser Anstrengungen darin, eine zuverlässige Energieversorgung zu vernünftigen und stabilen Preisen sicherzustellen.

In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass die Kommission am 10. September 1971 dem Ministerrat den Vorschlag für eine Entscheidung zugeleitet hat, nach welcher der Ministerrat Anleihen zum Zwecke einer Beteiligung der Gemeinschaft an der Finanzierung von Kernkraftwerken autorisiert. Aufgrund verschiedener Überlegungen ist die Kommission der Auffassung, dass sich Mitte dieses Jahrzehnts die zusätzliche Investitionslast der EVU's für Kernkraftwerke auf jährlich etwa 500 Millionen RE beläuft. Um die Finanzierung dieses Betrags zu erleichtern, empfiehlt die Kommission die Aufnahme einer Anleihe nach Artikel 172, Ziffer 4 des Euratom-Vertrags in Höhe von 100 Millionen RE bis Ende 1972, mit deren Hilfe Darlehen von mindestens 12-jähriger Laufzeit zu noch festzulegenden Bedingungen den Nuklearstrom-Versorgungsunternehmens gewährt werden könnten

### 3. Reaktorstrategien

Aufgrund der Entwicklungsaussichten der für den industriellen Einsatz in Betracht kommenden Reaktortypen können mehrere Kombinationen aus diesen Baureihen zu der gewünschten Verwirklichung des Kernkraftwerksparks der Gemeinschaft führen.

Der Einfachheit halber wird im folgenden davon ausgegangen, dass jedenfalls bis 1980 mit Ausnahme einiger Prototypen von bescheidenen Ausmassen nur Kraftwerke mit Leichtwasserreaktoren in Betracht kommen.

Von diesem Datum an könnten auch Hochtemperaturreaktoren in Erscheinung treten. Eine weniger optimistische Hypothese verlegt diesen Zeitpunkt auf 1985. Man muss jedoch auch die Hypothese in Betracht ziehen, derzufolge die Entwicklung der Hochtemperaturreaktoren, vor allem in der Prototyp-Phase, entweder mit einem Misserfolg enden oder eine bedeutende Verzögerung erleiden würde. Letzteres würde übrigens — wenn die glaubwürdigste Hypothese hinsichtlich der Entwicklung der schnellen Reaktoren zutreffen sollte — das Scheitern der Hochtemperatur-Baureihe bedeuten.

Diese Erwägungen scheinen durch die kürzliche Ankündigung der Firma GULF GENERAL ATOMIC zum Teil überholt, nach welcher amerikanische EVU'S zwei Kernkraftwerke mit Hochtemperaturreaktor von je 1100 MWe bei dieser Firma in Auftrag gegeben haben. Als Folge dieser Mitteilung wäre u.U. die europäische Politik auf dem Gebiet der Hochtemperatur-Reaktoren neu zu überdenken, die nun schon 1980 mit Leichtwasser-Reaktoren konkurrieren könnten.

Zur Zeit wird den Hochtemperatur-Reaktoren von den meisten Fachleuten ein Vorsprung gegenüber den Natrium-gekühlten schnellen Reaktoren von rund 5 Jahren zugeschrieben. Nun ist ein solcher Vorsprung auch unbedingt notwendig, um ein wirtschaftlich gerechtfertigtes Auftragsvolumen für eine Reaktorentwicklung zu sichern. Die im folgenden mitgeteilten Zahlenwerte für die installierten Kernkraftwerkleistungen werden durch die jüngsten Entwicklungen auf dem Gebiet der Hochtemperaturreaktoren vor 1980 nicht in Frage gestellt. Jedoch könnten nach diesem Zeitpunkt Verschiebungen zwischen den drei Bauarten gegenüber den genannten Werten möglich werden. Mit dem Auftreten der schnellen Reaktoren wird

frühestens 1985 und spätestens 1990 berechnet, wobei Prototypen oder "Demonstrationskraftwerke" hier ausser acht zu lassen sind.

Es liegt auf der Hand, dass neue Reaktortypen nicht von Datum ihres Auftretens an den gesamten jährlichen Zuwachs der nuklearen Leistung übernehmen können.

Infolgedessen sind Einschränkungen, die auf industriellen Erwägungen beruhen, vor allem hinsichtlich der Entwicklung der Produktionskapazität der Industriezweige, die nukleare Erzeugnisse, Ausrüstungen und Komponenten der neuen Baureihe herstellen. Es wird angenommen, dass sich diese Kapazitäten höchstens alle zwei Jahre verdoppeln können.

Dies bedeutet, dass sich die Gesamtkapazität für den Bau und die Inbetriebsetzung von Kernkraftwerken eines neuen Typs – bezogen auf sämtliche beteiligten Industrien, – nach jeweils 2 Jahren verdoppelt.

Die Verdoppelung der installierten Leistungen innerhalb von zwei Jahren stellt jedoch eine Grenze dar, die nur in den ersten Jahren nach der Inbetriebsetzung des neuen Reaktortyps erreicht wird. Der dadurch erzielte starke Zuwachs wird zwangsläufig verlangsamt, wenn er sich der absoluten Höchstgrenze nähert, die durch die etappenweisen Erhöhungen der nuklearen Leistung gesetzt wird. Unter diesen Voraussetzungen kann die Entwicklung der nuklearen Leistungen der einzelnen Reaktortypen wie in Tabelle 1 ausgegeben vorausgeschätzt werden.

Die angegebenen Zahlen zeigen, dass die Ende des Jahrhunderts installierte Gesamtleistung aus Kernkraftwerken mit schnellen Reaktoren um das Drei-

Tabelle 1.

Programme für die Entwicklung der nuklearen Leistung (GWe netto)

2-Reaktortypen-Strategien	1980	1985	1990	1995	2000
1) LWR + FBR 1985: LWR (+ möglicherweise HTGR)	45	98	171	217	223
FBR	-	2	12	64	195
2) LWR + FBR 1990: LWR (id.)	45	100	181	269	354
FBR	-	-	2	12	64
Gesamtleistungen jedes Programmes	45	100	183	281	418

LWR = Leichtwasserreaktor (Light-Water Reactor);  
HTGR = Gasgekühlter Hochtemperaturreaktor (High-Temperature Gas Reactor);  
FBR = Schneller Brutreaktor (Fast Breeder Reactor).

fache grösser ist, wenn diese Reaktoren bereits 1985 statt 1990 auftreten.

Man darf diesem Unterschied aber nicht allzu grosse Bedeutung beimessen, da er verschwindet, wenn man sich nicht mehr auf ein feststehendes und übrigens willkürliches Datum bezieht, sondern auf eine längerfristige und über die hier in Betracht gezogene Zeitspanne hinausgehende Entwicklung.

Offen bleibt jedoch – wie bereits erwähnt – die Frage, ob die schnellen Reaktoren auf lange Sicht die Entwicklung der Hochtemperaturreaktoren ausschliessen oder ob während einer gegenwärtig noch nicht absehbaren Zeit beide Typen – wegen ihrer unterschiedlichen Merkmale – zur Erhöhung der nuklearen Leistung herangezogen werden.