

**KERNFORSCHUNGSZENTRUM
KARLSRUHE**

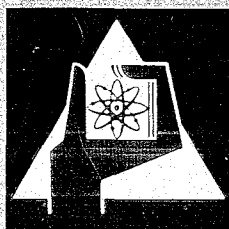
Februar 1970

KFK 1147

Institut für Angewandte Reaktorphysik

Kernenergiebedarf der Welt
Eine Analyse des zukünftigen Marktpotentials

H. Zajonc



GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H.

KARLSRUHE



KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

Februar 1970

KFK-1147

Institut für Angewandte Reaktorphysik

KERNENERGIEBEDARF DER WELT +)

EINE ANALYSE DES ZUKÜNFTIGEN MARKTPOTENTIALS

von

Horst Zajonc

Gesellschaft für Kernforschung mbH. Karlsruhe

+)
Diese Arbeit wurde im Rahmen der Arbeitsgemeinschaft Universität/
Kernforschungszentrum Karlsruhe für Strukturanalyse und technische
Planung geschrieben.



Kurzfassung

Nach ein paar kurzen Hinweisen auf die volkswirtschaftliche Bedeutung des Exports und die Zusammensetzung des Exports der BRD wird zunächst eine Abschätzung des Weltbedarfs an elektrischer Energie bis zum Jahre 2000 vorgenommen, wobei die entscheidenden Faktoren die Bevölkerungsentwicklung und der Prokopf-Verbrauch an elektrischer Energie sind. Zur Ermittlung des Anteils der Kernenergie bei der Deckung dieses Bedarfs wird auf Expertenschätzungen zurückgegriffen. Im weiteren werden Prognosen des elektrischen Energiebedarfs und des Anteils der Kernenergie für einzelne Ländergruppen (Hochindustrialänder, Industrieländer, aufstrebende Länder, Entwicklungsländer, Ostblockländer) erstellt und einige Anmerkungen über Exportaussichten von Kernkraftwerken in diese Ländergruppen gemacht. Eine Aggregation über die Ländergruppen liefert eine zweite Prognose des Weltbedarfs an elektrischer Energie, die von der ersten nur um 10-15 % abweicht. Zum Abschluß wird noch die derzeitige Konkurrenzsituation beleuchtet, indem für die Exporteure von Kernkraftwerken (USA, Großbritannien, Kanada, Frankreich, BRD, UdSSR) Angaben über die Entwicklung des Kernkraftwerkbaus im eigenen Land und über ihre bisherigen Exporterfolge gemacht werden.

Abstract

After some preliminary remarks on the economic meaning of exports and on the export structure of the G.F.R., the paper gives a forecast of the world's total electrical power requirements up to the year 2000. This forecast is based on population growth and per capita power consumption. The nuclear share of total power was determined in accordance with the published views of a number of experts. The paper also contains an independent forecast for each group of nations, classified as highly industrialized, industrialized, rapidly developing, developing and the Communist ones. The world forecast, derived by aggregation over these groups, was found to differ by no more than 10-15 % from the previous forecast. In addition, comments on export potentials for nuclear power stations for each of the groups are given. The final section reviews the current market situation. It provides a brief history of the development of nuclear power, and previous export sales, of each of the main export countries: USA, Great Britain, Canada, France, G.F.R. and the USSR .

1	Kernkraftwerke, ein Exportartikel?	1
11	Die volkswirtschaftliche Bedeutung des Exports	1
12	Die Bedeutung des Exports von Kapitalgütern für die BRD	3
2	Der Kernenergiemarkt	5
21	Der Weltbedarf an elektrischer Energie bis zum Jahre 2000	5
211	Der Gesamtbedarf	5
212	Anteil der Kernenergie	9
22	Abschätzung des Weltmarktes nach Ländergruppen	11
221	Hochindustrielländer	13
2211	Bedarf an elektrischer Energie	13
2212	Exportaussichten	15
222	Industrielländer	16
2221	Bedarf an elektrischer Energie	17
2222	Exportaussichten	18
223	Aufstrebende Länder	19
2231	Bedarf an elektrischer Energie	20
2232	Exportaussichten	21
224	Entwicklungsländer	22
2241	Bedarf an elektrischer Energie	23
2242	Exportaussichten	25
225	Länder des europäischen Ostblocks	26
2251	Bedarf an elektrischer Energie	27
2252	Exportaussichten	28
226	Länder des asiatischen Ostblocks	29
2261	Bedarf an elektrischer Energie	29
2262	Exportaussichten	31
3	Die Konkurrenzsituation	32
31	Die USA	32
32	Großbritannien	35
33	Kanada	36
34	Frankreich	37
35	BRD	38
36	UdSSR	39
4	Zusammenfassung	41
5	Schlußbemerkung	48

Kernenergiebedarf der Welt

Eine Analyse des zukünftigen Marktpotentials

1 Kernkraftwerke, ein Exportartikel?

Diese Arbeit beginnt bewußt mit einer Frage, denn bevor man eine Analyse des Exportmarktes für Kernreaktoren unternimmt, sollte man sich grundsätzlich darüber klar werden, welche Bedeutung der Export für eine Volkswirtschaft hat, und welche Rolle der Export von Anlagen dieser Größenordnung im Rahmen des gesamten Außenhandels spielt. Bevor wir uns jedoch diesen beiden Fragestellungen zuwenden, sei noch eine Erläuterung über die im Rahmen dieser Studie behandelten Gesichtspunkte der Kernenergie vorausgeschickt. In dieser Arbeit werden die Exportchancen für Kernkraftwerke (KKW) in den nächsten 30 Jahren, also bis zum Jahre 2000, untersucht. Unter KKW sollen Kernreaktoren zur Elektrizitätserzeugung mit einer Kapazität von in der Regel mindestens 300 MW verstanden werden. Kleinere KKW ab 50 MW werden nur in besonderen Fällen (etwa Entwicklungsländer, Gebietserschließung) berücksichtigt. Ausdrücklich aus der Betrachtung ausgeschlossen sind also Forschungsreaktoren und andere Anwendungen der Kernenergie, wie Raumfahrt, Meerwasserentsalzung, Transport u.ä.

11 Die volkswirtschaftliche Bedeutung des Exports

Bedingt durch die Zunahme des Welthandels und die internationale Wirtschaftsverflechtung hat sich in Industrie und Politik ein derartiges "Exportbewußtsein" entwickelt, daß es beinahe müßig erscheint, hier auf die volkswirtschaftliche Bedeutung des Exports einzugehen. Da aber dieses "Exportbewußtsein" sich zu einem "Exportenthusiasmus" zu entwickeln droht, der den Außenhandel als Selbstzweck betrachtet, soll hier doch kurz auf die dem Exportproblem zugrunde-

liegenden Voraussetzungen und Bedingungen eingegangen werden. Am besten läßt sich dies durch Beantwortung der folgenden Fragen erreichen:

1. Warum wird überhaupt exportiert?

Hierfür lassen sich drei Hauptgründe anführen:¹⁾

- Unterschiede in der Qualität der Produktionsfaktoren. Diese mögen bedingt sein durch die geographischen Gegebenheiten und/oder die historische Entwicklung eines Landes;
- Unterschiede im Stand der Technologie und im Grad der Industrialisierung;
- die Möglichkeit, durch Massenproduktion kostengünstigere und effizientere Produktionsverfahren einzusetzen, das heißt, das Anstreben einer Marktausweitung, um in den Genuß der "economics of scale" zu kommen.

Diese drei Faktoren führten im internationalen Gütertausch zu einer, der Arbeitsteilung und Spezialisierung innerhalb einer Volkswirtschaft analogen Entwicklung, die heute bereits soweit fortgeschritten ist, daß praktisch kein Land der Erde völlig autark existieren kann.

2. Welche Bedeutung hat der Export für eine Volkswirtschaft?

Wenn auch -wie oben erwähnt- jedes Land zur Teilnahme am internationalen Handel geradezu gezwungen ist, so ist doch die Bedeutung des Exports für die einzelnen Länder durchaus unterschiedlich. In der folgenden Tabelle 1 sind Bruttosozialprodukt (BSP) und Export für die 10 größten Volkswirtschaften²⁾ (gemessen am BSP) der Welt angeführt. Aus ihr läßt sich in erster Näherung die Exportabhängigkeit bzw. der Autarkiegrad der einzelnen Nationen ablesen. Sieht man von der Großmacht USA ab, bei der allein aufgrund ihrer geographischen Ausdehnung und ihrer wirtschaftlichen Macht ein hohes Maß an Autarkie als natürlich erscheint, so stellt man fest, daß alle anderen Industrienationen mehr oder weniger exportabhängig sind, d.h. ihre wirtschaftliche Entwicklung wird in starkem Maße von der Höhe des Exports und den dadurch gegebenen Importmöglichkeiten bestimmt. Damit soll nicht gesagt sein, daß die Exporte

¹⁾ Vgl. H.G. Johnson: International Trade and Economic Growth
3. Auflage, London, 1965, S. 10

²⁾ Länder des Ostblocks sind nicht berücksichtigt

Land ¹⁾	BSP 1966 zu Marktpreisen in Mill.US-\$	Exportvolumen 1966 in Mill.US-\$	Anteil des Exports am BSP in %
USA	756.490	30.013	3,97
BRD	119.575	20.134	16,84
UK	105.356	14.132	13,41
Frankreich	101.383	10.889	10,74
Japan	97.478	9.777	10,03
Italien	61.435	8.032	13,07
Canada	53.328	9.551	17,91
Indien	45.720	1.607	3,51
Brasilien	27.711	1.741	6,28
Australien	25.069	3.074	12,26

Tabelle 1 Bedeutung des Exports für ausgewählte Volkswirtschaften²⁾

eines Landes die Schnelligkeit des wirtschaftlichen Wachstums bestimmen, aber sie sind zumindest für die kleineren Industrienationen eine notwendige Bedingung und eine Begleiterscheinung des Wachstums. Diese Nationen sind nämlich, um auf dem Weltmarkt konkurrenzfähig zu sein, zu einer Spezialisierung auf bestimmte Produktgruppen gezwungen, die dann auch exportiert werden müssen, um andere Güter, deren Produktion eben wegen der Spezialisierung im eigenen Land nicht oder nur schlecht möglich ist, importieren zu können. Aus Tabelle 1 geht hervor, daß die BRD neben Canada zu den exportintensivsten Ländern der Erde gehört.

12 Die Bedeutung des Exports von Kapitalgütern für die BRD

Wenn man sich über die Bedeutung des Exports für die BRD eine Vorstellung bilden will, genügt es nicht, die Höhe des Exports überhaupt festzustellen. Man muß außerdem die Zusammensetzung des Exports nach Güterarten untersuchen. Bei einer Betrachtung der Exportstatistik³⁾ der BRD für die letzten 20 Jahre stellt man fest,

1) Es fehlen die Staaten der kommunistischen Einflußsphäre

2) Quelle: United Nations Statistical Yearbook 1968

3) Vgl. Statistisches Jahrbuch für die BRD, 1968, S.274 ff

daß ca. 80 % des Exports aus Fertigwaren besteht, und daß 50 % des Exports Erzeugnisse der Investitionsgüterindustrie sind. Gerade für Erzeugnisse der Investitionsgüterindustrie ist aber die Möglichkeit, zu exportieren, unbedingt erforderlich, da der heimische Markt in der Regel zu klein ist, um die mit der Entwicklung solcher Güter verbundenen Kosten wieder hereinzuholen¹⁾. In diesen Bereich von Gütern fallen auch die KKW, genauer gesagt in den Bereich der elektrischen Maschinen und Apparate²⁾, der in den letzten Jahren ziemlich konstant 8 % des Gesamtexports der BRD ausmachte und z.B. 1968 eine Höhe von nahezu 8 Mrd.DM erreichte. Hiervon waren über 1/4 Anlagen und Aggregate zur Elektrizitätserzeugung. Die folgende Tabelle zeigt diese Zahlen in genauer Detaillierung für die Jahre 1965-1968.

in 1000 US-\$	1965	1966	1967	1968
Gesamtexport	17.911.891	20.156.143	21.760.333	24.887.102
Elektrische Maschinen und Apparate	1.478.050	1.619.174	1.760.646	1.947.349
Anlagen zur Elektrizitätserzeugung	400.432	471.486	494.562	535.525

Tabelle 2 Ausgewählte Exportzahlen der BRD in den Jahren 1965-1968

Diese Zahlen machen deutlich, daß für die BRD der Export von Elektrizitätserzeugungsanlagen eine nicht unbeträchtliche Rolle spielt. Bedenkt man, daß sich bei KKW ein Großteil der Anlagen nicht oder nur geringfügig von denen der konventionellen Kraftwerke unterscheidet, so erscheint es als nahezu selbstverständlich, daß die BRD auf dem Gebiet der Kernenergie große Anstrengungen unternehmen muß, um ihre Position auf dem Weltmarkt zu halten³⁾. Diese Aussage behält allerdings nur ihre Gültigkeit, wenn die Elektrizitätserzeugung durch Kernenergie in den nächsten 30 Jahren tatsächlich ein bedeutendes Gewicht bekommen sollte. Eines der Hauptanliegen dieser Arbeit wird es daher sein, gerade diese Frage zu klären.

¹⁾ Vgl. Grosse, Ökonomik der Kernenergie, Basel/Tübingen, 1963, S.243

²⁾ nach Definition des CST

³⁾ Vgl. L.C.Nehrt, International Marketing of Nuclear Power Plants, London 1966, S.178

2 Der Kernenergiemarkt

Will man zu Aussagen über die Bedeutung der Kernenergie für die Elektrizitätserzeugung in den nächsten 30 Jahren kommen, so erscheint es notwendig, sich zunächst ein klares Bild über die die Nachfrage nach Kernenergie beeinflussenden Faktoren zu machen. Deshalb soll zunächst der Weltbedarf an elektrischer Energie bis zum Jahre 2000 einer näheren Analyse unterzogen werden. Weiterhin soll dann eine erste Abschätzung des Anteils der Kernenergie versucht werden. Es erscheint jedoch einleuchtend, daß für Fragen des Exportpotentials ein derartig grober Überblick nur erste Anhaltspunkte liefern kann. Deshalb soll im weiteren der Energiebedarf einzelner Ländergruppen genauer untersucht werden. Die aus diesen Analysen gewonnenen Einsichten sollen dann zu einer Verfeinerung der oben erwähnten ersten Abschätzung des Bedarfs an Kernenergie verwendet werden.

21 Der Weltbedarf an elektrischer Energie bis zum Jahre 2000

211 Der Gesamtbedarf

Prinzipiell hat man bei Erstellung von Prognosen über den Weltbedarf an elektrischer Energie zwei Möglichkeiten. Man kann eine Unterteilung der Welt in Regionen (z.B. Entwicklungsländer, Industrienationen, nach Kontinenten o.ä.) oder sogar in einzelne Länder vornehmen; man kann einzelne Konsumentengruppen (etwa Industrie, Transport, Landwirtschaft, Haushalte etc.) unterscheiden und beliebige andere Zerlegungen vornehmen. Für diese wird dann jeweils der Energiebedarf abgeschätzt und zum Gesamtbedarf aggregiert. Diese Methode hat neben dem Vorteil der Detaillierung aber den Nachteil, daß für jeden einzelnen Teil Schätzungen vorgenommen werden müssen und hierdurch eine Vielzahl von Fehlermöglichkeiten, sowohl durch ungünstige Unterteilungen als auch durch Fehlschätzungen auftreten. Die zweite Methode, nämlich die Abschätzung des Gesamtbedarfs aus bereits aggregierten Größen, die einige dieser Nachteile vermeidet¹⁾, soll zunächst verwendet werden.

1) Vgl. Contribution of Nuclear Energy to Future World Power Needs in Proceedings of the International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy in Genf 1955, Vol.1, p.88

"This subject (Prognose von Wachstumsraten) will not be reverted to here, except to say that, paradoxical as it may seem, such estimates for the whole world are relatively less affected by hazard, since the law of great numbers comes into play".

Ausgehend von der unbestreitbaren Tatsache, daß bei allen Prognosen und besonders bei Prognosen über einen längeren Zeitraum, ein beträchtlicher Teil der Aussagen vom Urteil des Prognoseerstellers über die zugrundeliegenden Einflußfaktoren abhängig ist¹⁾, soll versucht werden, die Zahl dieser Einflußfaktoren möglichst gering zu halten. Es wird deshalb im weiteren angenommen, daß für den Weltbedarf an elektrischer Energie im Zeitpunkt t gilt:

$$(1) E_t = f(B_t, I_t)$$

mit

$$\begin{aligned} E_t &= \text{Weltbedarf an elektrischer Energie zum Zeitpunkt } t \\ B_t &= \text{Weltbevölkerung zum Zeitpunkt } t \\ I_t &= \text{Industrialisierungsgrad zum Zeitpunkt } t \end{aligned}$$

Der Energiebedarf im Jahre t soll mit der Formel

$$(2) E_t = B_t \cdot k_t$$

berechnet werden, wobei k_t der Prokopf-Verbrauch an elektrischer Energie im Jahre t sein soll.

Dieser Prokopf-Verbrauch wird entscheidend bestimmt durch den erreichten Industrialisierungsgrad. Um nun Analysen über den zukünftigen Industrialisierungsgrad zu vermeiden, die vermutlich äußerst kompliziert und von geringer Genauigkeit sein würden, soll der Versuch unternommen werden, den zukünftigen Prokopf-Verbrauch direkt zu schätzen. Die Entwicklung des Prokopf-Verbrauches ist in der Abbildung 1 dargestellt.

Für die Projektion wurde die in den letzten 20 Jahren zu beobachtende fallende Tendenz der jährlichen Zuwachsrates berücksichtigt. Ausgehend von der durchschnittlichen jährlichen Steigerung von 6% für den Zeitraum 1960 - 1970, wurde für die Jahre 1971 - 1985 eine jährliche Steigerung von 5% und für die Jahre 1986 - 2000 eine jährliche Steigerung von 4% angenommen. Zum Vergleich sei erwähnt, daß die USA den für 1970 prognostizierten Welt-Prokopf-Verbrauch bereits 1940 erreicht hatten und daß der für das Jahr 2000 prognostizierte Prokopf-Verbrauch in den USA um 1960 erzielt wurde.

¹⁾ UN Economic Commission for Europe: Methods and Principles for Projecting Future Energy Requirements, New York, 1964, p.12

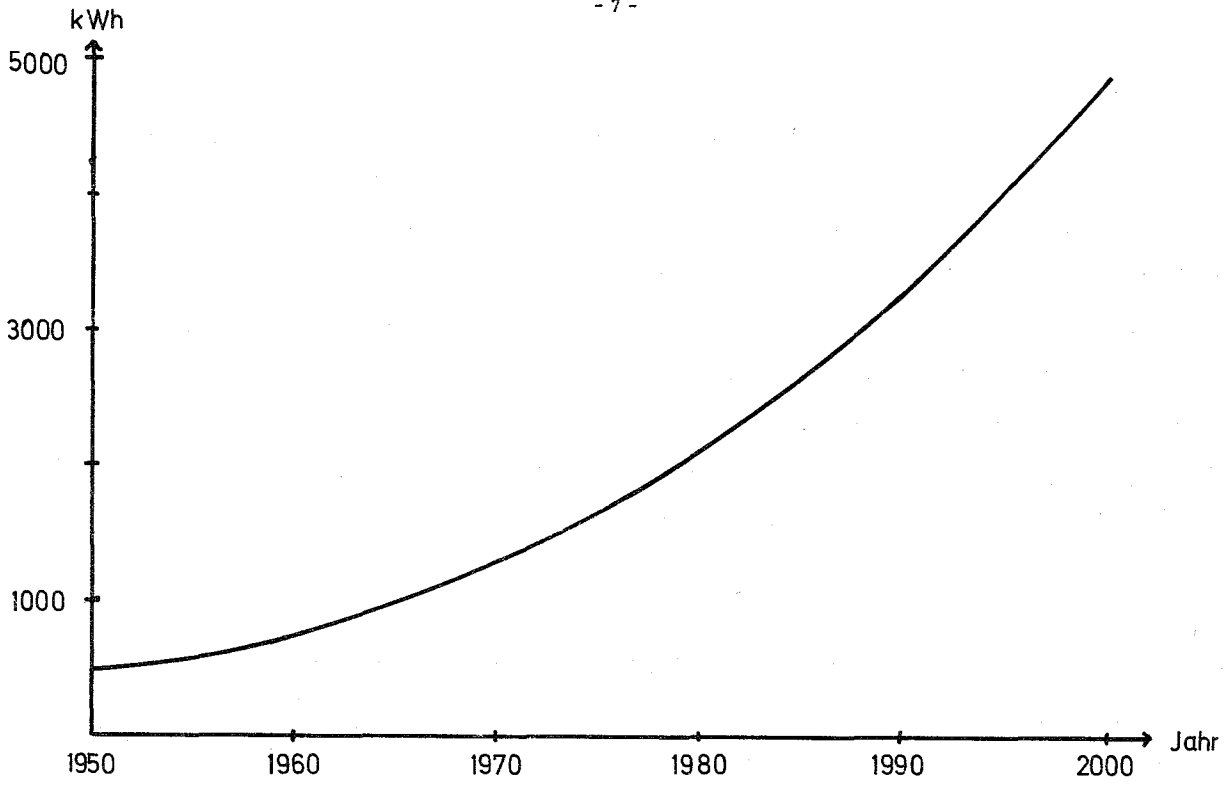


Abb.1: Welt-Pro-Kopfverbrauch an elektrischer Energie

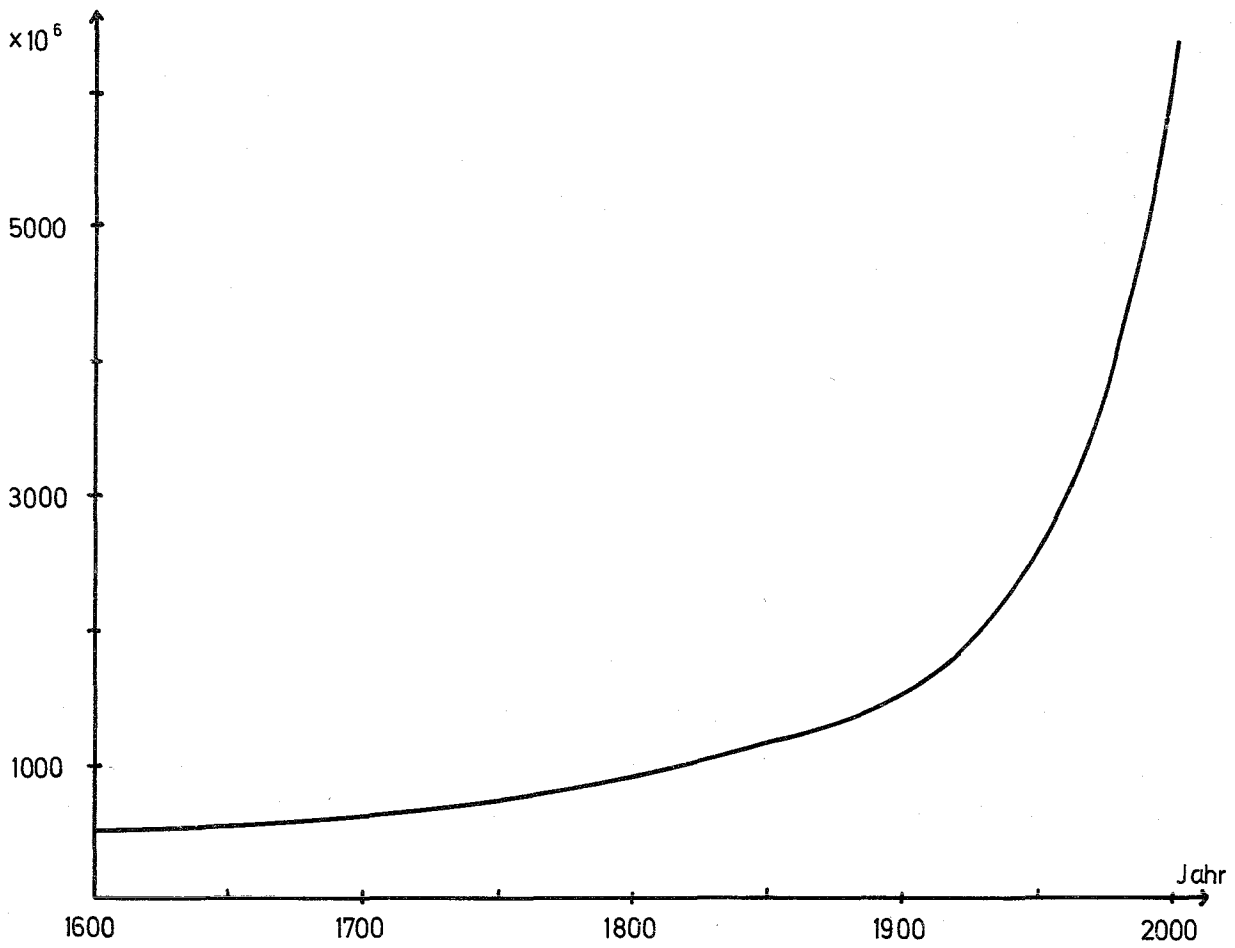


Abb. 2: Entwicklung der Weltbevölkerung

Das Wachstum der Weltbevölkerung über einen Zeitraum von vierhundert Jahren ist in Abbildung 2 ¹⁾ dargestellt. Der Verlauf dieser Kurve entspricht für die Jahre ab 1950 einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von 1.9 %. Die mit dieser Wachstumsrate, ausgehend von der derzeitigen Weltbevölkerung, ermittelten Werte sind in der folgenden Tabelle 3 zusammen mit dem sich nach (2) ergebenden Weltbedarf an elektrischer Energie noch einmal zahlenmäßig für 5-Jahresabstände angegeben. Sie werden außerdem den Zahlen gegenübergestellt, die aus einer Extrapolation der Weltproduktion von elektrischer Energie gewonnen wurden. Hierbei wurde bis 1980 eine jährliche Zuwachsrate von 7 %, bis 1990 von 6 % und bis zum Jahre 2000 von 5 % angenommen.

Jahr	Weltbevölkerung, in 10 ⁶	Prokopf-Verbrauch in kWh	Energiebedarf in 10 ⁹ kWh	Energiebedarf ermittelt aus Extrapolation des Energieproduktes in 10 ⁹ kWh
1955	2691	574	1.540	1.540
1960	3005	767	2.300	2.300
1965	3296	1017	3.350	3.350
1970	3619	1301	4.700	4.700
1975	3976	1660	6.600	6.600
1980	4368	2119	9.250	9.260
1985	4799	2705	12.980	13.130
1990	5273	3291	17.350	17.580
1995	5793	4004	23.190	22.440
2000	6364	4871	30.990	28.640

Tabelle 3 ²⁾ Weltbedarf an elektrischer Energie

Um aus diesen Werten ³⁾ die zum jeweiligen Zeitpunkt installierte Kapazität herleiten zu können, muß man noch Angaben über den Auslastungsgrad haben. Dieser war abgesehen von geringfügigen Schwankungen im Weltdurchschnitt für die letzten 20 Jahre konstant 50 %. Unter der Annahme, daß diese Auslastung auch weiter-

¹⁾ Quellen: UN Statistical Yearbook 1960-1968, UNESCO Statistical Yearbook 1967, Carr-Saunders: World Population, Oxford 1936, UN: The Future Growth of World Population, New York 1968

²⁾ gerundete Werte

³⁾ Es werden im weiteren Verlauf die mit (2) ermittelten Werte verwendet

hin gleich bleiben wird, ergeben sich für die installierte Kapazität und für die 5-Jahreszuwachsrate folgende Werte:

Jahr	installierte Kapazität in GW	Zuwachs in GW
1955	358	-
1960	534	176
1965	776	242
1970	1090	324
1975	1520	440
1980	2140	620
1985	3000	860
1990	4020	1020
1995	5370	1350
2000	7180	1810

Tabelle 4 ¹⁾ Auf der Welt installierte Kapazität

212 Anteil der Kernenergie

Noch vor zehn Jahren wurde bei Überlegungen, welche Bedeutung die Kernenergie für die Energieversorgung der Welt habe, als erstes Argument die drohende Rohstoffknappheit und das Versiegen anderer Energiequellen angeführt. Eine Berechnung des Anteils der Kernenergie an der künftigen Energieversorgung auf dieser Basis ist heute nicht mehr möglich. Inzwischen hat sich herausgestellt, daß nicht eine drohende Energieknappheit die Einführung von KKW erzwingen wird, sondern daß diese mit den anderen, also den Wasserkraftwerken und den Kraftwerken mit fossilen Brennstoffen in Konkurrenz stehen, und daß die Einführungsrate der KKW hauptsächlich durch ökonomische Gegebenheiten (d.h. Kosten und Marktsituation) bestimmt²⁾ ist. Hiermit soll nicht ausgeschlossen werden, daß die vor-

¹⁾ gerundete Werte

²⁾ Vgl. D. Faude, P. Jansen, J. Seetzen: Models for Economic Considerations on the Introduction of Nuclear Energy, IAEA Symposium, Istanbul, 20-24 Oct. 1969, Paper SM-126/32, p.5

handenen Reserven an anderen Energieträgern eine wichtige, in Einzelfällen sogar entscheidende Rolle spielen. Es soll nur hervorgehoben werden, daß im Gegensatz zu früheren Annahmen die Bedeutung der ökonomischen Faktoren stark zugenommen hat. Dies wird in Zukunft, wenn der Anreiz der neuen Technologie, welcher viele Länder zum Bau bzw. Kauf ihrer ersten KKW veranlasste, vorbei ist, in noch viel stärkerem Maße der Fall sein.

Bei einer Prognose über einen Zeitraum von 30 Jahren ist eine Aussage über die tatsächlich zu erwartenden ökonomischen Randbedingungen ausgesprochen schwierig und im Rahmen einer Globalanalyse für die gesamte Welt nahezu unmöglich. In Anbetracht dieser Tatsache soll hier für eine erste Näherung des Anteils der Kernenergie an der zukünftigen Weltenergieversorgung auf veröffentlichte Abschätzungen von Experten¹⁾²⁾³⁾ zurückgegriffen werden. Die sich hieraus ergebenden Werte sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

-
- 1) H.J.Bhabha, M.Dayal: World Energy Requirements and the Economics of Nuclear Power with Special Reference to Underdeveloped Countries in Proceedings of the Third International Conference on the Peaceful Uses of the Atomic Energy in Genf 1964, UN, New York 1965, S.41ff
 - 2) M.Davis: The Peaceful Use of Nuclear Energy, Atom Nr.153, Juli 1969, S.198ff
 - 3) Arthur D.Little, Inc.: The Growth of Foreign Nuclear Power, A Report to the USAEC, TID-22973, April 1966

Jahr	Installierte nukl.Kapazität in GW	% der gesamten lt.Tab.4 installierten Kapazität	Zuwachs seit t-1 in GW
1955	-	-	-
1960	1,5 ^{a)}	0,3	1,5
1965	5,7 ^{a)}	0,7	4,2
1970	27 ^{a)}	2,5	21
1975	96 ^{a)}	6	69
1980	233 ^{b)}	11	137
1985	507 ^{b)}	17	275
1990	950 ^{c)}	24	440
1995	1500 ^{c)}	28	550
2000	2160 ^{d)}	30	660

Tabelle 5 ¹⁾ Entwicklung der Kernkraftwerkskapazität

- a) Eigene Berechnungen auf Grundlage von KKW-Verzeichnissen und Zeitschriftenauswertungen, u.a. Power Reactors 1969-Index in Nuclear Engineering International Feb.1969, S.111-126; W.Finke, M.Kempken: Verzeichnis der KKW der Welt in Atomwirtschaft, Sept/Okt.1969, S.441-445
- b) Aus Arthur D.Little, Inc., S.42: Es wurde der höchste Schätzwert dieser Studie genommen, da die Studie nur Länder der sog."freien Welt" berücksichtigt, hier aber eine Abschätzung für alle Länder der Erde vorgenommen werden soll.
- c) Aus M.Davis, S.201
- d) Aus Bhabha, Dayal, S.42

22 Abschätzung des Weltmarktes nach Ländergruppen

Die erste Aufgabe, bei der nun in Angriff genommenen Analyse war es, eine Klassifizierung der Länder zu finden und sich über einen geeigneten Detaillierungsgrad klar zu werden. Die an und für sich naheliegende Lösung, nämlich jedes Land gesondert zu betrachten, kam hier aus mehreren Gründen nicht in Betracht. Die wichtigsten waren:

¹⁾ Gerundete Werte

- ungenügendes statistisches Material (keine, fehlerhafte oder nicht vergleichbare Angaben)
- Schwierigkeiten der Prognose in so detaillierter Form (vgl.S.5, Anmerk.1)
- Größe des Arbeitsaufwandes

Allerdings sollte man eine Analyse dieser Art als Fernziel im Auge behalten. In der Zusammenfassung wird auf die hiermit verbundenen Probleme noch einmal näher eingegangen.

Die in der hier vorgetragenen Analyse verwendete Klassifizierung mußte drei Gesichtspunkten gerecht werden. Sie mußte

1. sinnvolle Durchschnittsbildungen der einzelnen Gruppen zum Zwecke der Energiebedarfsprognosen zulassen,
2. eine Auswertung des Exportpotentials der einzelnen Gruppen ermöglichen,
3. einfach und überschaubar sein.

Das Ergebnis dieser Überlegungen war zunächst eine Aufspaltung in zwei große Blöcke, nämlich in die Staaten der "freien Welt" und in die Staaten der kommunistischen Einflußsphäre. Innerhalb der ersten Kategorie wurde eine Einteilung nach dem Prokopf-Volkseinkommen¹⁾ vorgenommen, das -mit Einschränkungen- ein Maß für den Industrialisierungsgrad und für das wirtschaftliche Potential eines Landes darstellt. Die zweite Gruppe wurde in die Staaten des "europäischen" Ostblocks (einschließlich UdSSR) und in die Staaten des "asiatischen" Ostblocks (Cuba wurde mit in die Gruppe aufgenommen) eingeteilt. Im folgenden wird für jede dieser 6 Gruppen eine Analyse des Bedarfs an elektrischer Energie bis zum Jahre 2000 vorgenommen, wobei eine Abschätzung über die Rolle der Kernenergie versucht wird. Zum Abschluß wird jede Gruppe noch auf das zu erwartende Exportpotential untersucht. Eine genaue Beschreibung der einzelnen Analysen wird bei den jeweiligen Gruppen gegeben. Hier seien nur die allen Betrachtungen gemeinsamen Grundzüge herausgestellt. Wie schon in Abschnitt 2.1 wird der Bedarf an elektrischer Energie mit Hilfe der Formel $E_t = B_t \times k_t$ prognostiziert. Hierbei wurde für B_t jeweils angenommen, daß die augenblicklich bestehende Zuwachsrate bis zum Jahr 2000 konstant bleibt. Für die Jahre 1963 und 1967 wurde k_t berechnet und dann mit den bei den einzelnen Gruppen angeführten Annahmen bis zum Jahre 2000 in 5-Jahresabständen geschätzt. Mit Hilfe von für die einzelnen Gruppen unterschiedlich angenommenen Lastfaktoren wurde die jeweils zu erwartende installierte Kapazität berechnet. Anschließend wurde versucht, plausible Annahmen über den in den einzelnen Zeitpunkten zu erwartenden Anteil der Kernenergie an der installierten Kapazität zu machen. Aus diesen Angaben wurde dann mit Hilfe der ermittelten 5-Jahreszuwächse und unter Berücksichtigung der jeweiligen öko-

1) zu Faktorkosten

nomischen und politischen Gegebenheiten in den einzelnen Gruppen eine Abschätzung des künftigen Exportpotentials versucht.

221 Hochindustrielländer

In diese erste Gruppe fallen die Länder mit einem Prokopf-Volkseinkommen, das höher als 1500 US-\$/Jahr ist. Im einzelnen sind dies folgende Länder¹⁾:

USA (3303)	Island (1972)	Neuseeland (1714)
Schweden (2665)	Dänemark (1947)	Norwegen (1673)
Schweiz (2171)	Australien (1820)	Belgien (1600)
Canada (2087)	Frankreich (1738)	Großbritannien (1560)
		BRD (1512)

Basierend auf Angaben des Statistischen Jahrbuchs der Vereinten Nationen für 1968 wurde die folgende Tabelle aufgestellt.

2211 Bedarf an elektrischer Energie

1	2	3	4	5	6	7
Jahr	Bevölk. in 10 ⁶	Prokopf- Verbrauch in kWh	Gesamtbedarf in 10 ⁹ kWh	install.Ge- samtkapaz. in GW	install.nukl. Kapazität in GW	Anteil an Gesamtkap. in %
1963	412	4160	1710	404	-	-
1967	431	5130	2210	511	-	-
1970	446	6030	2690	620	22	4
1975	471	7520	3540	820	87	11
1980	497	9020	4480	1040	210	20
1985	525	10510	5520	1280	380	30
1990	555	12000	6660	1540	620	40
1995	586	13500	7910	1830	920	50
2000	619	15000	9280	2150	1290	60

Tabelle 6²⁾ Energieprognosen für Hochindustrielländer

1) In Klammern das jeweilige Prokopf-Volkseinkommen in US- $\text{\$}$ aus dem Jahre 1967
Quelle: UN Statistical Yearbook 1968, Tab.Nr.190

2) Gerundete Werte

Erläuterungen

Spalte 2: Die Zahlen für 1963 und 1967 wurden aus Werten des UN Statistical Yearbook 1968, Tab.Nr.18 ermittelt. Ebenso die für diesen Zeitraum geltende Bevölkerungswachstumsrate von 1.1 %. Mit dieser Rate wurden die Bevölkerungszahlen bis zum Jahr 2000 prognostiziert.

Spalte 3: Die Werte für 1963 und 1967 wurden durch Division der Spalte 4 durch Spalte 2 errechnet. Für die Werte bis zum Jahr 2000 wurden folgende Annahmen gemacht.

1. Die USA werden im Jahre 2000 einen Prokopf-Verbrauch von 20.000 kWh jährlich erreicht haben¹⁾.
2. 1963 und 1967 war der durchschnittliche Prokopf-Verbrauch für den Block der Hochindustrieländer $\frac{3}{4}$ des Prokopf-Verbrauchs in den USA. Es wurde angenommen, daß diese Relation bis zum Jahre 2000 bestehen bleibt. Der sich hieraus ergebende Zuwachs des Prokopf-Verbrauchs wurde gleichmäßig auf die Jahre 1970 bis 2000 verteilt.

Spalte 4: Für 1963 und 1967 stammen die Werte aus dem UN Statistical Yearbook 1968, Tab.Nr.147. Für die folgenden Jahre ergeben sich die Werte durch Multiplikation der Spalten 2 und 3.

Spalte 5: Die Werte für 1963 und 1967 stammen aus dem UN Statistical Yearbook 1968, Tab.Nr.146. Der sich hieraus in Verbindung mit den Werten der Spalte 4 ergebende Lastfaktor beträgt 0.5. Mit diesem Wert wurde die erforderliche Gesamtkapazität aus den Werten der Spalte 4 bis zum Jahre 2000 ermittelt.

Spalte 6: Für die Jahre 1970 und 1975 wurden die Werte aus Reaktorverzeichnissen und durch Zeitschriftenauswertung ermittelt²⁾. Die Werte für die Jahre 1980 bis 2000 basieren auf den Annahmen der Spalte 7.

Spalte 7: Die Werte für 1970 und 1975 ergeben sich aus Spalte 5 und 6. Dann wurde angenommen, daß der Anteil der Kernenergie im hier betrachteten Block im Jahr 2000 60% beträgt³⁾, und daß sich der entsprechende Zuwachs gleichmäßig auf die einzelnen 5-Jahresabschnitte verteilt.

¹⁾ Vgl. P. Sporn: Vistas in Electric Power, Oxford, London u.a. 1968, S.66

²⁾ Vgl. Anmerkung a) zu Tabelle 5, S.11

³⁾ Für die Plausibilität dieser Annahme vgl. P. Sporn: a.a.O.; 'The Future of Power Generation, Study Prepared for the Centennial Celebration of Koninklijke Machiniefabriek Stork N.V.'; A.D. Little: a.a.O.

2212 Exportaussichten

Grundlage für eine Abschätzung der Exportaussichten bilden die Zuwächse der installierten Kapazität und vor allem die Zuwächse an installierter nuklearer Kapazität. Diese sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

1	2	3	4	5
Jahr	Nettozuwachs seit t-1 in GW	Bruttozuwachs seit t-1 in GW	Zuwachs an nukl. Kapazität seit t-1 in GW	Anteil am Brutto- zuwachs in %
1967	107	-	-	-
1970	110	-	-	-
1975	200	280	64	23
1980	220	300	120	41
1985	240	320	175	55
1990	260	340	230	68
1995	290	370	300	81
2000	320	400	370	94

Tabelle 7¹⁾ Kapazitätswachse in den Hochindustrielländern

Erläuterungen

Spalte 2: Die Werte ergeben sich aus Tabelle 6, Spalte 5

Spalte 3: Diese Werte ergeben sich aus den Werten der Spalte 2, zu denen der Ersatz veralteter thermischer Kraftwerke hinzugezählt wird. Dieser Ersatz wurde unter folgenden Annahmen berechnet:

1. Wasserkraftwerke haben eine unbegrenzte Lebensdauer, es müssen also nur thermische Kraftwerke ersetzt werden. Für diese wurde eine durchschnittliche Lebensdauer von 30 Jahren angenommen, das heißt, von dem 1970 vorhandenen Bestand an thermischen Kraftwerken wird alle 5 Jahre 1/6 ersetzt.
2. Der für 1970 zu erwartende Bestand an Wasserkraftwerken wurde durch Extrapolation aus dem 1967 vorhandenen Bestand ermittelt. Dieser

1) Gerundete Werte

wurde von der für 1970 erwarteten Gesamtkapazität (Tabelle 6, Spalte 5) abgezogen. Hierdurch ergab sich für 1970 ein Bestand an thermischer KW-Kapazität in Höhe von 478821 MW, d.h. alle 5 Jahre müssen als Ersatz ca. 80.000 MW angesetzt werden.

Spalte 4: Der Zuwachs an nuklearer Kapazität ergibt sich aus Tabelle 6, Spalte 6.

Spalte 5: Die Werte ergeben sich aus Spalte 3 und 4

Obwohl, wie aus Spalte 4 der Tabelle ersichtlich, die Zuwächse an installierter nuklearer Kapazität in dem hier betrachteten Block sehr hoch sind, dürften die Exportaussichten in Länder dieses Blocks doch sehr gering sein. Hierfür sprechen folgende Gründe:

1. Der größte Teil des künftigen Bedarfs an nuklearer Kapazität in diesem Block entfällt auf Länder, die eigene Reaktoren entwickeln und herstellen. Diese Länder dürften, jedenfalls solange von den einzelnen Nationen - wie in der Vergangenheit - eine protektionistische Politik getrieben wird, als zukünftige Abnehmer entfallen.
2. Um das Exportpotential in den verbleibenden Ländern dürfte ein äußerst scharfer Konkurrenzkampf der reaktorbauenden Nationen entbrennen, denn hier verspricht der Reaktorexport, bedingt durch die Wirtschafts- und Finanzkraft dieser Länder, ein wirkliches "Geschäft" zu werden. Im Gegensatz zu den später betrachteten Blöcken (mit Ausnahme der Industrieländer) wird sich dieser Konkurrenzkampf nahezu ausschließlich in Form der "Kostenkonkurrenz" abspielen. Das heißt, diese Länder werden dem Reaktorhersteller den Auftrag erteilen, der den "besten", d.h. den ökonomischsten Reaktor anbietet.
3. Die in 2. angesprochenen Länder werden außerdem darauf bestehen, daß ein möglichst großer Anteil (bis zu 90 %) des betreffenden KKW im eigenen Lande erstellt wird.

Kennzeichnend für diesen Zustand ist die Tatsache, daß bisher nur die USA in Länder dieser Gruppe exportieren konnte. Die Gesamthöhe dieser USA-Exporte nach Belgien, BRD, Frankreich, Schweden und der Schweiz beträgt zur Zeit 2.038 MW.

222 Industrieländer

In diese Gruppe fallen die Länder mit einem Prokopf-Volkseinkommen zwischen 800 und 1500 US-\$/Jahr. Im einzelnen sind dies

Finnland (1479)	Österreich (1091)	Japan (921)
Niederlande (1465)	Italien (1020)	Irland (841)
Israel (1158)	Niederländ.Antillen (995)	Lybien (802)

Für diese Länder wurde Tabelle 8 analog Tabelle 6 aufgestellt.

2221 Bedarf an elektrischer Energie

1	2	3	4	5	6	7
Jahr	Bevölker. in 10 ⁶	Prokopf-Verbr. in kWh	Gesamtbed. in 10 ⁹ kWh	install.Ges. Kapazität in GW	install.nukl. Kapazität	Anteil am Gesamtkap. in %
1963	177	1643	290	73	-	-
1967	185	2304	430	101	-	-
1970	190	3250	620	150	1,9	1
1975	200	4500	900	210	5,4	3
1980	210	6000	1260	300	15	5
1985	221	7500	1660	390	38	10
1990	232	9000	2090	480	97	20
1995	244	10500	2560	590	180	30
2000	257	12000	3080	710	285	40

Tabelle 8¹⁾ Energieprognosen für Industrieländer

Erläuterungen

Spalte 2: Analog Tabelle 6, Spalte 2, Bevölkerungswachstumsrate hier 1 %

Spalte 3: Die Werte für 1963 und 1967 wurden auch hier aus den Spalten 2 und 4 errechnet. Für die Jahre 1967 - 1980 wurde angenommen, daß die Entwicklung analog der Entwicklung des Prokopf-Verbrauches in den USA verläuft²⁾. 1980 wird mit dieser Annahme der Prokopf-Verbrauch

1) Gerundete Werte

2) Vgl. The Future of Power Generation....., a.a.O., S.12

der Hochindustrieländer von 1970 erreicht. Für die verbleibenden 20 Jahre wurde angenommen, daß diese Zeitverschiebung von 10 Jahren bestehen bleibt. Die entsprechenden Werte ergeben sich also aus Tabelle 6, Spalte 3.

Spalte 4: Analog Tabelle 6, Spalte 4

Spalte 5: Die Werte für 1963 und 1967 stammen aus UN Statistical Yearbook 1968. Der sich ergebende Lastfaktor für 1963 beträgt 0,46 und für 1967 0,48. Dieser wurde auch für 1970 angenommen. Bis 1980 wurde dann ein Lastfaktor von 0,49 vorausgesetzt. Für die verbleibenden Jahre wurde wie bei den Hochindustrieländern 0,50 angenommen.

Spalte 6: Analog Tabelle 6, Spalte 6

Spalte 7: Die Werte für 1970 und 1975 ergeben sich aus Spalte 5 und 6. Für die folgenden Jahre wurde, wie beim Prokopf-Verbrauch, ein "time-lag" von 10 Jahren gegenüber den Hochindustrieländern angenommen.

2222 Exportaussichten

Auch hier sollen zunächst die zu erwartenden Kapazitätswachse tabellarisch dargestellt werden.

1	2	3	4	5
Jahr	Nettozuwachs seit t-1 in GW	Bruttozuwachs seit t-1 in GW	Zuwachs an nukl. Kapazität seit t-1 in GW	Anteil am Bruttozuwachs in %
1967	28	-	-	-
1970	48	-	-	-
1975	60	80	3,5	4
1980	85	100	9,5	9
1985	90	105	23	23
1990	100	120	60	50
1995	110	125	80	64
2000	120	140	110	78

Tabelle 9¹⁾ Kapazitätswachse in den Industrieländern

1) Gerundete Werte

Erläuterungen

Spalte 2: Analog Tabelle 7, Spalte 2

Spalte 3: Analog Tabelle 7, Spalte 3. Der sich in 5-Jahresabständen ergebende Ersatz beträgt hier 17.500 MW.

Spalte 4: Analog Tabelle 7, Spalte 4

Spalte 5: Analog Tabelle 7, Spalte 5

Die Exportaussichten in Länder dieser Gruppe sind ähnlich zu beurteilen wie bei den Hochindustrielländern. Allerdings verfügt die Mehrzahl dieser Länder nicht bzw. noch nicht über eigene Reaktorbauprogramme, so daß wenigstens in den nächsten 10 - 15 Jahren ein Großteil des nuklearen Zuwachses durch Importe gedeckt werden muß. Allerdings wird auch hier der geforderte Eigenbauanteil relativ hoch sein.

Im folgenden seien die bisher in Länder dieser Gruppe erfolgten Exporte aufgelistet:

Exportland	Importland	MW	Σ Exportland in MW
USA	Italien	421	
USA	Japan	4147	
USA	Niederlande	50	4618
Großbritannien	Italien	210	
Großbritannien	Japan	160	370
UdSSR	Finnland	440	440
BRD	Niederlande	400	400
Σ Exporte			5828

Tabelle 10 Exporte in Industrieländer

223 Aufstrebende Länder

Diese Gruppe besteht aus 21 Ländern mit einem Prokopf-Volkseinkommen zwischen 300 und 800 US-\$. Die wichtigsten sind nachstehend aufgeführt:

Venezuela (761)	Uruguay (526)	Portugal (423)
Spanien (707)	Südafrika (521)	Türkei (299)
Argentinien (699)	Mexico (478)	
Griechenland (621)	Chile (465)	

Auch hier werden zunächst die Energiebedarfsprognosen erarbeitet.

2231 Bedarf an elektrischer Energie

1	2	3	4	5	6	7
Jahr	Bevölkerung in 10 ⁶	Prokopf- Verbrauch in kWh	Gesamtbedarf in 10 ⁹ kWh	install. Ge- samtkapaz. in GW	install. nukl. Kapazität in GW	Anteil an Gesamtkapazität in %
1963	189	590	110	33	-	-
1967	206	800	160	45	-	-
1970	220	910	210	55	1,1	2
1975	245	1360	330	90	1,8	2
1980	273	1910	520	130	5,3	4
1985	305	2680	820	200	16	8
1990	340	3760	1280	310	38	12
1995	379	5280	2000	470	76	16
2000	422	7400	3130	740	148	20

Tabelle 11¹⁾ Energieprognosen für aufstrebende Länder

Erläuterungen

Spalte 2: Analog Tabelle 6, Spalte 2, Bevölkerungswachstumsrate hier 2,2%

Spalte 3: Die Werte für 1963 und 1967 wurden aus den Spalten 2 und 4 errechnet.

Für die verbleibenden Jahre wurde angenommen, daß das sich abzeichnende starke Ansteigen des Prokopf-Verbrauchs auch weiterhin anhält. Es wurde eine jährliche Steigerungsrate von 7% angenommen, die diese Staaten im Jahre 2000 den heutigen Prokopf-Verbrauch der USA erreichen läßt.

Spalte 4: Analog Tabelle 6, Spalte 4

Spalte 5: Die Werte für 1963 und 1967 stammen aus UN Statistical Yearbook 1968.

Die sich ergebenden Lastfaktoren betragen 1963: 0,39, 1967: 0,42. Für die Prognose wurden folgende Steigerungen des Lastfaktors angenommen: bis 1980: 0,45, bis 1990: 0,47, bis 2000: 0,49.

1) Gerundete Werte

Spalte 6: Analog Tabelle 6, Spalte 6

Spalte 7: Die Werte für 1970 und 1975 ergeben sich aus Spalte 5 und 6. Würde man auch hier, wie bei den Industrieländern, den Anteil der Kernenergie an der installierten Gesamtkapazität mit einem an den Prokopf-Verbrauch gekoppelten¹⁾ "time-lag" abschätzen, ergäbe sich für das Jahr 2000 ein Wert von 10%. Bei Ansatz dieses Wertes würde man jedoch vernachlässigen, daß der Ausbau der Energiewirtschaft dieser Länder in einem Zeitraum (1970 bis 2000) erfolgt²⁾, in dem die Stromerzeugung aus Kernenergie einen starken Aufschwung nehmen wird. Es erscheint daher sinnvoll und zulässig, für die hier betrachtete Ländergruppe den Anteil der Kernenergie im Jahre 2000 zumindest doppelt so hoch, also mit 20% anzusetzen³⁾. Für die dazwischenliegenden Jahre wird ein gleichmäßiges Ansteigen angenommen.

2232 Exportaussichten

Die zu erwartenden Kapazitätswachse sind die folgenden:

1	2	3	4	5
Jahr	Nettozuwachs seit t-1 in GW	Bruttozuwachs seit t-1 in GW	Zuwachs an nukl. Kapazität seit t-1 in GW	Anteil am Bruttozuwachs in %
1967	12	-	-	-
1970	10	-	-	-
1975	30	35	0,8	2
1980	50	55	3,5	6
1985	65	70	11	16
1990	110	115	22	19
1995	160	165	38	23
2000	265	270	72	27

Tabelle 12⁴⁾ Kapazitätswachse in den aufstrebenden Ländern

- 1) Als Begründung können u.a. die erforderlichen hohen Kapitalaufwendungen und die für einen ökonomischen Einsatz erforderliche Größe der KW-Einheiten dienen, die den Einsatz von KKW erst ab einem bestimmten Niveau der Volkswirtschaft und speziell der Energiewirtschaft rentabel erscheinen lassen.
- 2) Diese Ausbauperiode fiel bei den Hochindustrie- und Industrieländern in den Zeitraum von 1940 bis 1970, also in eine Zeit, in der der Einsatz der Kernenergie für wirtschaftliche Zwecke erst entdeckt und entwickelt wurde.
- 3) Ein weiteres Argument hierfür dürfte darin bestehen, daß der Ausbau der Energiewirtschaft in den Ländern dieser Gruppe nur durch Importe aus den Industrienationen erreicht werden kann, die natürlich bestrebt sein werden, einen Teil der Entwicklungskosten für KKW durch Markterweiterung, d.h. durch Exporte wieder hereinzubekommen.
- 4) Gerundete Werte

Erläuterungen:

Spalte 2: Analog Tabelle 7, Spalte 2

Spalte 3: Analog Tabelle 7, Spalte 3. Der sich in 5-Jahresabständen ergebende Ersatz beträgt hier ca.5000 MW.

Spalte 4: Analog Tabelle 7, Spalte 4

Spalte 5: Analog Tabelle 7, Spalte 5

Die Exportaussichten in Länder dieses Blocks sind günstiger als in die bisher betrachteten zu beurteilen. Keines dieser Länder dürfte im Laufe der nächsten 15-20 Jahre zur Herstellung eigener Reaktoren in der Lage sein. Andererseits zeigt Tabelle 12, daß diese Länder bereits ab 1985 einen im Gewicht fallenden Bedarf an KKW haben werden. Auch die Höhe der bereits erfolgten Exporte in Länder dieser Gruppe deutet günstige Exportchancen an (vgl.Tabelle 13).

Exportland	Importland	MW
USA	Spanien	613
Großbritannien	Griechenland	450
Frankreich	Spanien	500
BRD	Argentinien	319
Σ Exporte		1882

Tabelle 13: Exporte in aufstrebende Länder

Eine wesentliche Voraussetzung für Exporterfolge in die Länder dieser Gruppe ist allerdings die Möglichkeit, langfristige Kredite zu vergeben¹⁾. Zumindest dürfte dies für die nächsten 10 Jahre gelten, in denen andererseits auch der Grundstock für spätere Exporte größeren Umfanges gelegt wird.

224 Entwicklungsländer

In dieser Gruppe wurden die übrigen nicht der kommunistischen Einflußsphäre angehörenden Länder mit einem Prokopf-Volkseinkommen unter 300 US-\$ zusammen-

1) Vgl.H.J.Brüchner: Braucht die deutsche Reaktorbauindustrie eine Exportförderung in Atomwirtschaft, April 1966, S.162 f

gefaßt. Der Großteil dieser Länder liegt in den unterentwickelten Gebieten Asiens, Afrikas und Südamerikas. Nachstehend sind einige wichtige Repräsentanten dieser Gruppe angeführt.

Brasilien (252)	Marokko (168)	Korea, Rep. (140)
Iran (243)	VAR (166)	Pakistan (108)
Peru (241)	Bolivien (165)	Indien (77)
Nationalchina (221)		

2241 Bedarf an elektrischer Energie

1	2	3	4	5	6	7
Jahr	Bevölkerung in 10 ⁶	Prokopf- Verbrauch in kWh	Gesamtbedarf in 10 ⁹ kWh	install.Gesamt- kapazität in GW	install.nukl. Kapazität in GW	Anteil an Gesamt- kapazität in %
1963	1340	65	88	30	-	-
1967	1480	100	154	46	-	-
1970	1600	130	210	62	0,7	1
1975	1820	190	350	100	2,1	2
1980	2070	280	585	170	5,2	3
1985	2340	420	970	270	11	4
1990	2650	610	1620	450	27	6
1995	2990	900	2680	690	55	8
2000	3370	1320	4440	1140	115	10

Tabelle 14¹⁾ Energieprognosen für Entwicklungsländer

Erläuterungen

Spalte 2: Analog Tabelle 6, Spalte 2, Bevölkerungswachstumsrate 2,5 %

Spalte 3: Die Werte für 1963 und 1967 ergeben sich aus den Spalten 2 und 4.

Für die verbleibenden Jahre wurde wieder die Entwicklung in den USA zum Vergleich herangezogen. Heute haben diese Länder den Prokopf-

1) Gerundete Werte

Verbrauch der USA aus dem Jahre 1905. Legt man eine durchschnittliche jährliche Steigerung des Prokopf-Verbrauches von 8 % zugrunde, dann erreichen die Länder dieser Gruppe im Jahre 2000 den Prokopf-Verbrauch der USA vom Jahr 1940. Da dieser Zeitraum von 35 Jahren ungefähr dem Prognosezeitraum entspricht, wurde der Prokopf-Verbrauch mit der Wachstumsrate von 8 % prognostiziert.

Spalte 4: Analog Tabelle 6, Spalte 4

Spalte 5: Die Werte für 1963 und 1967 stammen aus UN Statistical Yearbook 1968. Die Lastfaktoren sind für 1963: 0,33 und für 1967: 0,39.

Für die Prognose wurden folgende Werte angenommen¹⁾

bis 1980: 0,39

bis 1990: 0,42

bis 2000: 0,45

Spalte 6: Analog Tabelle 6, Spalte 6

Spalte 7: Die Werte für 1970 und 1975 ergeben sich aus Spalte 5 und 6. Für die übrigen Jahre wurde angenommen, daß der Anteil der Kernenergie in diesen Ländern nur langsam zunehmen und im Jahre 2000 ca. 10 % erreichen wird. Als Begründung für diesen langsamen Anstieg dient in erster Linie²⁾ die für einen ökonomischen Betrieb erforderliche Größe der KKW-Einheiten. Einheiten der Größenordnung über 500 MW bedingen in der Regel das Vorhandensein von ausgebauten Verteilernetzen. Ausgebaute Netze dürften in den Entwicklungsländern auch bis zum Jahre 2000 nur in Einzelfällen vorhanden sein³⁾. Kennzeichnend für diese Sachlage ist der auf den Optimismus der 50er und frühen 60er Jahre folgende Rückschlag des Kernenergieausbaues in den Entwicklungsländern. Eine Änderung dieser Situation könnte die Entwicklung von leistungsfähigen Kleinreaktoren⁴⁾ (ab 50 MW) und evtl. der Einsatz von Mehrzweckreaktoren bringen.

1) In Analogie zu den dem jeweiligen Prokopf-Verbrauch entsprechenden Lastfaktoren bei den aufstrebenden Ländern.

2) Ein weiteres Argument ist das Vorhandensein ungenutzter konventioneller Energiereserven.

3) Vgl.hierzu Niels Grosse: a.a.O., S.126 f, S.218 ff

4) Vgl.P.H.Kruck, M.D.Ristic: Small and medium-size power reactors in Nuclear Engineering International, März 1969, S.209 ff
K.Goldsmith: Some Aspects of Power System Expansion in Developing Countries, IAEA-Symposium, Istanbul, 20-24 Oct.69, Paper SM-126/28

2242 Exportaussichten

1	2	3	4	5
Jahr	Nettozuwachs seit t-1 in GW	Bruttozuwachs seit t-1 in GW	Zuwachs an nukl. Kapazität seit t-1 in GW	Anteil am Brutto- zuwachs in %
1967	15	-	-	-
1970	16	-	-	-
1975	40	45	1,4	3
1980	70	75	3,1	4
1985	95	100	5,5	6
1990	180	180	16	9
1995	245	250	30	11
2000	450	460	60	13

Tabelle 15¹⁾ Kapazitätszuwächse in den Entwicklungsländern

Erläuterungen

Spalte 2: Analog Tabelle 7, Spalte 2

Spalte 3: Analog Tabelle 7, Spalte 3. Der Ersatz beträgt hier ca. 4500 MW alle 5 Jahre

Spalte 4: Analog Tabelle 7, Spalte 4

Spalte 5: Analog Tabelle 7, Spalte 5

Obwohl auch in Länder dieser Gruppe, wie die folgende Tabelle 16 zeigt, bereits Reaktoren exportiert wurden, sind die Exportaussichten bis zum Jahre 1985 insgesamt als gering zu bezeichnen. Dies ergibt sich einfach, wie Tabelle 15 zeigt, aufgrund mangelnder Nachfrage. Eine Änderung dieser Sachlage könnte eintreten, wenn es gelingt, wirtschaftlich konkurrenzfähige Kleinreaktoren (ab 50 MW) zu erstellen. Weiterhin ist zu beachten, daß Exporte in den Jahren bis 1985 zu einer wesentlichen Voraussetzung für spätere Exporte werden können. War allerdings bereits bei den aufstrebenden Ländern die Möglichkeit der Kreditvergabe eine wich-

1) Gerundete Werte

tige Grundlage des Exporterfolges, so wird sie hier zur entscheidenden Bedingung. Exporte in diese Länder werden in der Regel in der Form von Entwicklungshilfen erfolgen müssen.

Exportland	Importland	MW	Σ Exportland in MW
USA	Indien	380	
USA	Korea, Rep.	564	944
Kanada	Indien	600	
Kanada	Pakistan	137	737
UdSSR	Pakistan	400	400
			Σ Exporte 2081

Tabelle 16 Exporte in Entwicklungsländer

225 Länder des europäischen Ostblocks

Die Einteilung in einen europäischen und einen asiatischen Ostblock wurde vorgenommen, weil die diesen beiden Gruppen angehörenden Länder einen beträchtlichen Unterschied im Niveau ihrer industriellen Entwicklung aufweisen. Die Länder des europäischen Ostblocks sind:

Albanien	Jugoslawien	Tschechoslowakei
Bulgarien	Polen	UdSSR
DDR	Rumänien	Ungarn

Sie sind im Niveau ihrer industriellen Entwicklung ungefähr mit dem Block der Industriestaaten gleichzustellen.

2251 Bedarf an elektrischer Energie

1	2	3	4	5	6	7
Jahr	Bevölker. in 10 ⁶	Prokopf- Verbrauch in kWh	Gesamtbedarf in 10 ⁹ kWh	install.Ges. Kapazität in GW	install.nukl. Kapazität in GW	Anteil an Gesamtkapa- zität in %
1963	343	1660	570	126	-	-
1967	357	2260	810	178	-	-
1970	368	3250	1200	265	2,6	1
1975	387	4500	1750	390	7,3	2
1980	407	6000	2440	540	27	5
1985	428	7500	3210	710	70	10
1990	449	9000	4050	900	180	20
1995	472	10500	4960	1100	330	30
2000	496	12000	5960	1330	530	40

Tabelle 17¹⁾ Energieprognosen für Länder des europäischen Ostblocks

Erläuterungen

Spalte 2: Analog Tabelle 6, Spalte 2, Bevölkerungswachstumsrate 1 %

Spalte 3: Die Werte für 1963 und 1967 ergeben sich aus Spalte 2 und 4. Für die folgenden Jahre wurde angenommen, daß die Entwicklung des Prokopf-Verbrauches wie bei den Industrieländern verläuft.

Spalte 4: Analog Tabelle 6, Spalte 4

Spalte 5: Die Werte für 1963 und 1967 stammen aus UN Statistical Yearbook 1968. Die sich ergebenden Lastfaktoren sind für 1963: 0,52 und für 1967: 0,52. Diese höher als bei den Hochindustrie- und Industrieländern liegenden Werte lassen sich vermutlich auf die staatliche Wirtschaftsplanung und -lenkung zurückführen. Daher wurde auch bis zum Jahre 2000 ein Lastfaktor von 0,52 angesetzt.

Spalte 6: Analog Tabelle 6, Spalte 6

¹⁾ Gerundete Werte

Spalte 7: Die Werte für 1970 und 1975 ergeben sich aus Spalte 5 und 6. Für die folgenden Jahre wurden die gleichen Werte wie bei den Industrieländern angesetzt.

2252 Exportaussichten

Die Kapazitätswachse haben folgenden Verlauf:

1	2	3	4	5
Jahr	Nettozuwachs seit t-1 in GW	Bruttozuwachs seit t-1 in GW	Zuwachs an nukl. Kapazität seit t-1 in GW	Anteil am Bruttozuwachs in %
1967	52	-	-	-
1970	88	-	-	-
1975	120	160	4,7	3
1980	155	190	20	10
1985	170	205	45	21
1990	185	220	110	49
1995	205	240	150	63
2000	220	260	200	77

Tabelle 18¹⁾ Kapazitätswachse in den Ländern des europäischen Ostblocks

Erläuterungen

Spalte 2: Analog Tabelle 7, Spalte 2

Spalte 3: Analog Tabelle 7, Spalte 3. Der sich in 5-Jahresabständen ergebende Ersatz beträgt ca. 35.000 MW

Spalte 4 und 5: Analog Tabelle 7

Ein Export in Länder dieser Gruppe ist - jedenfalls aus Ländern der westlichen Welt - äußerst schwierig. Unter den derzeitigen politischen Bedingungen erscheint er für die Mehrzahl der in Frage kommenden Länder nahezu unmöglich. Ausnahmen bilden eventuell die nicht völlig von Moskau beherrschten Länder Rumänien und

1) Gerundete Werte

Jugoslawien¹⁾. Bei einer Entspannung der politischen Lage könnte in diesen Ländern, wie die Tabelle 18 zeigt, in der Zukunft allerdings ein großer und chancenreicher Export entstehen.

226 Länder des asiatischen Ostblocks

Diese Gruppe besteht aus den folgenden 5 Ländern

Cuba Nordkorea Volksrepublik China
Mongolei Nordvietnam

Die Schätzungen in dieser Gruppe sind relativ unsicher, da die VR China den Hauptanteil ausmacht und über dieses Land nur sehr wenige und ungenaue Angaben vorliegen.

2261 Bedarf an elektrischer Energie

1	2	3	4	5	6	7
Jahr	Bevölker. in 10 ⁶	Prokopf- Verbrauch in kWh	Gesamtbedarf in 10 ⁹ kWh	install.Gesamt- kapazität in GW	install.nukl. Kapazität in GW	Anteil an Gesamtkapaz. in %
1963	717	105	75	23	-	-
1967	762	104	80	25	-	-
1970	794	130	105	32	-	-
1975	851	190	160	50	-	-
1980	913	280	260	80	1,6	2
1985	978	420	410	120	4,8	4
1990	1050	610	640	190	11	6
1995	1125	900	1010	280	22	8
2000	1205	1320	1590	440	44	10

Tabelle 19²⁾ Energieprognosen für Länder des asiatischen Ostblocks

1) Vgl. Pressenotiz über deutsch-rumänische Gespräche in Dt. Forschungsdienst Sonderbericht Kernenergie Nr.20/69, S.98 und Notiz Weltmarkt für Kernkraftwerke dehnt sich aus in Kerntechnik 1969 Nr.4, S.188

2) Gerundete Werte

Erläuterungen

Spalte 2: Analog Tabelle 6, Spalte 2, Bevölkerungswachstumsrate 1,4 %

Spalte 3: Die Werte für 1963 und 1967 ergeben sich aus Spalte 2 und 4. Der Rückgang im Prokopf-Verbrauch wird erklärt durch die in diesem Zeitraum in Rotchina abgelaufene Kulturrevolution, die die wirtschaftliche Entwicklung in diesem Land nicht nur behinderte, sondern sogar zurückwarf. Für die Jahre ab 1970 wurde wie bei den Entwicklungsländern eine durchschnittliche jährliche Wachstumsrate des Prokopf-Verbrauchs von 8 % angenommen.

Spalte 4: Die Werte für 1963 und 1967 in dieser Spalte wurden - mit Ausnahme von Rotchina - aus dem UN Statistical Yearbook 1968 errechnet. Für Rotchina sind nur sehr spärlich Angaben vorhanden. Aus der vorhandenen Literatur¹⁾ wurden als wahrscheinlichste Werte für 1963 und für 1967 ein Energieverbrauch von $60 \cdot 10^9$ kWh ermittelt²⁾. Die übrigen Werte ergeben sich aus Spalte 2 und 3.

Spalte 5: Die Werte für 1963 und 1967 wurden für die Länder - mit Ausnahme von Rotchina - aus dem UN Statistical Yearbook 1968 errechnet. Der sich ergebende Auslastungsgrad von 0,31 wurde dann ebenfalls für Rotchina zugrundegelegt und damit die installierte Kapazität ermittelt. Für die weiteren Jahre wurden folgende Lastfaktoren angenommen:

bis 1980: 0,37

bis 1990: 0,39

bis 2000: 0,42

Spalte 6: Bisher sind keinerlei KKW-Bauvorhaben in Ländern dieser Gruppe angekündigt. So wurde in Analogie zu den Entwicklungsländern für die Jahre 1980 bis 2000 die jeweils installierte nukleare Kapazität aus den Werten der Spalte 7 berechnet.

Spalte 7: Die bei den Entwicklungsländern gemachten Ausführungen gelten sinngemäß auch für diese Gruppe. Daher wurden die gleichen Werte angenommen.

1) Vgl. IRO-Weltwirtschaftsatlas
K.Krüger: Der Ostblock, Berlin 1960, S.339
UN Economic Survey of Asia and the Far East, 1967
S.H.Steinberg, ed.: The Statesman's Yearbook 1968/1969, New York 1968, S.892

2) Dieser gleichbleibende Verbrauch wird durch die in der Zwischenzeit ablaufende Kulturrevolution erklärt.

2262 Exportaussichten

1	2	3	4	5
Jahr	Nettozuwachs seit t-1 in GW	Bruttozuwachs seit t-1 in GW	Zuwachs an nukl. Kapazität seit t-1 in GW	Anteil am Brutto- zuwachs in %
1967	1,4	-	-	-
1970	7,6	-	-	-
1975	19	20	-	-
1980	30	32	1,6	5
1985	40	42	3,2	7
1990	70	72	6,5	9
1995	88	90	11	12
2000	160	162	22	13

Tabelle 20¹⁾ Kapazitätszuwächse in den Ländern des asiatischen Ostblocks

Erläuterungen

Spalte 2: Analog Tabelle 7, Spalte 2

Spalte 3: Da keine Daten über die Aufteilung in thermische KW und in Wasserkraftwerke vorhanden waren, wurde wie bei den Entwicklungsländern der Anteil der Wasserkraftwerke für 1970 mit 40 % angenommen. Der sich in 5-Jahresabständen ergebende Ersatz beträgt dann ca. 2000 MW.

Spalte 4 und 5: Analog Tabelle 7

Von der entstehenden Nachfrage aus gesehen, könnte ein Export in die Länder dieser Gruppe ab 1990 interessant werden. Die tatsächlichen Exportmöglichkeiten werden allerdings von der dann bestehenden politischen Lage abhängen.

1) Gerundete Werte

3 Die Konkurrenzsituation

Bevor wir auf die heutige Marktlage und auf die zukünftige Entwicklung eingehen, sollen zunächst die zur Zeit auf dem Markt auftretenden Konkurrenten und ihre Reaktoren kurz dargestellt werden.

31 Die USA

Der große Durchbruch der wirtschaftlichen Nutzung der Kernenergie erfolgte in den USA in den 60er Jahren mit einer deutlichen Spitze in den Jahren 1965-1968. Der sich im Jahre 1968 bereits abzeichnende und im Jahr 1969 fortgesetzte Rückgang an Auftragseingängen wird im wesentlichen auf die folgenden Tatsachen zurückgeführt:

- Die Abnehmer haben den ersten Bedarf gedeckt und wollen zunächst die weitere Entwicklung abwarten.
- Die Reaktorhersteller sind dazu übergegangen, marktmäßige Preise zu setzen, die höher liegen als die noch vor 2-3 Jahren gemachten optimistischen Schätzungen.
- Die Fragen der Reaktorsicherheit sind noch nicht vollständig geklärt.
- Die Vertreter der konventionellen Energieträger haben Gegenmaßnahmen ergriffen.

Allerdings sind dies Gründe, die den kurzzeitigen Rückgang der Auftragseingänge erklären, die aber keine längerfristige Behinderung der Wachstums des nuklearen Kapazität erwarten lassen.

In Bezug auf die verschiedenen Reaktortypen haben die USA mit nahezu allen möglichen Kombinationen¹⁾ experimentiert, zum wirtschaftlichen Durchbruch gelangten bisher allerdings nur der Druckwasser- und der Siedewasserreaktor²⁾. Die bisher geschilderten Entwicklungen gehen auch aus der folgenden Tabelle über die in den einzelnen Jahren erteilten Reaktoraufträge hervor.

1) Die Zahl der theoretisch möglichen Kombinationen ist relativ groß. Praktisch kommen jedoch ca. ein Dutzend Kombinationen in Frage.

2) Vgl. H. Krämer, J. Seetzen: Mögliche Entwicklungen einer künftigen Kernenergie-wirtschaft in der BRD, Dez. 1968, S. 7 ff

Jahr	Erteilte Aufträge in MW	davon Druckwasser- reaktoren in %	davon Siedewasser- reaktoren in %	andere in %
bis 1964	4289	44	35	21
1965	4427	48	45	7
1966	15853	53	47	-
1967	24964	72	28	-
1968	17495	47	53	-
1969				
	67028	57	41	2

Tabelle 21: Reaktoraufträge in den USA

Bedingt durch den zeitigen Start und die starke Förderung durch staatliche Forschungsprogramme gelang es der US-Industrie, eine führende Stellung auf dem Exportmarkt für KKW zu erlangen. Im einzelnen exportierten die USA bisher folgende Reaktoren¹⁾:

¹⁾ Entweder als "Main-Contractor" oder als Hersteller des Reaktorsystems

Jahr der Auftragserteilung	Importland	Bezeichnung Standort	Reaktor-typ	Reaktor-Her- steller	Leistung in MW	Gesamtko- sten in der Anlage Mill. DM	Beginn des kommerziel- len Betrie- bes
1956	Belgien	BR3 (Vulcain)	DWR	West.	11	-	1962
1958	BRD Italien	VAK Kahl Trino Vercellese	SWR DWR	GE West.	15 257	45 300	1961 1965
1959	Italien	Garigliano	SWR	GE	164	280	1963
1960	Japan	JPDR	SWR	GE	12	-	1963
1961	Frankreich	SENA Chooz	DWR	West.	266	-	1966
1962	BRD	KRB Gund- remmingen	SWR	GE/AEG	237	240	1966
1963	Indien Niederl.	Tarapur 1 und 2 Dodewaard	SWR SWR	GE GE	380 50	400 90	1969 1968
1964	Spanien	Zorita-1	DWR	West.	153	150	1968
1965	Japan Korea Schweiz Spanien	Tsuruga Kori/Pusan Beznau-1 Sta. Maria	SWR DWR DWR SWR	GE West. West/BBC GE	325 564 350 460	- - - -	1969 1974 1969 1970
1966	Japan	Fukushima-1 Chubu-1 Mihama-1 Mihama-2	SWR SWR DWR DWR	GE GE/Hitachi West. West/Mits.	400 500 340 500	- 490 - -	1970 1973 1970 1972
1967	Japan Schweiz	Fukushima-2 Chugoku Beznau-2	SWR SWR DWR	GE/Hitachi GE/ West/BBC	784 460 350	- - -	1973 1973 1972
1968	Schweden	Ringhals-2	DWR	West.	809	425	1974
1969	Japan	Takahama Fukui	DWR	West/Mits.	826	-	1974

Σ 8213

Vorteile der Leichtwasserreaktoren aus den USA sind ihre erprobte Technik und die Tatsache, daß sie im Gegensatz z.B. zu den britischen Magnox-Reaktoren bereits in kleineren Einheiten ökonomisch arbeiten. Als Nachteil wird von einigen Ländern die Abhängigkeit von den Anreicherungsanlagen in den USA empfunden. Allerdings werden von den USA gerade in Hinsicht auf den Brennstoffkreislauf den ausländischen Abnehmern Zugeständnisse gemacht und gewisse Garantien gegeben.

32 Großbritannien

Bedingt durch die schlechtere Versorgung mit anderen billigen Energiereserven und durch eine sehr konsequente, nicht allein an der Wirtschaftlichkeit orientierte Reaktorpolitik erfolgte der Durchbruch der Kernenergie in Großbritannien früher als in den USA. Seit der Inbetriebnahme des ersten britischen KKW, Calder Hall, erfolgte unter staatlicher Planung und Lenkung ein systematischer Ausbau der Stromerzeugung durch Kernenergie. Hierbei hatte man in Großbritannien den Schwerpunkt auf die Gas-Graphit-Reaktoren gelegt. Diese Politik, die mit den Magnox-Reaktoren begann, wird auch heute noch fortgesetzt und führte zur Entwicklung und zum Bau des AGR (Advanced Gas-Cooled Reactor). Eine mögliche Wandlung dieser Politik zeichnet sich allerdings durch die Entwicklung des SGHWR und der Natrium-gekühlten Schnellen Brüter ab.

Die zeitliche Entwicklung des Ausbaues der KKW in Großbritannien ist in der folgenden Tabelle dargestellt:

Jahr	erteilte Aufträge in MW	davon Magnox in %	davon AGR in %	andere
bis 1956	513	78	-	22
1956-1960	2538	99	1	-
1961-1965	3230	55	37	8
1965-1969	3700	-	100	-
	9981	46	49	4

Tabelle 23 KKW-Entwicklung in Großbritannien

Trotz des sehr frühen Starts des KKW-Baues war Großbritannien auf dem Exportmarkt wenig erfolgreich. Im einzelnen wurden bisher folgende Reaktoren exportiert, wobei der letzte Export nach Griechenland noch im Verhandlungsstadium steht.

Jahr der Auftragserteilung	Importland	Bezeichnung Standort	Reaktor-typ	Reaktor-Her-steller	Leistung in MW	Gesamtko- sten der Anlage in Mill.DM	Beginn des kommerziellen Betriebes
1958	Italien	Latina	Magnox	TNPG	210	440	1962
1960	Japan	Tokai- Mura	Magnox	GEC/SC	160	-	1965
1969	Griechen- land	Lavrion	SG HWR	AEA	450	350	1974

Σ 820

Tabelle 24 Britische Reaktorexporte

Obwohl der britische Magnox-Reaktor Natururan als Brennstoff verwendet, war er auf dem Exportmarkt, wie obige Tabelle zeigt, nur schwer abzusetzen. Da dieser Typ innerhalb Großbritanniens eine beträchtliche praktische Erprobung aufweisen kann (vgl. Tabelle 23), ist dieser geringe Erfolg in erster Linie auf die ungünstige Wirtschaftlichkeit des Reaktors zurückzuführen¹⁾.

Der Nachfolgetyp, der AGR, ist bis jetzt in der Praxis noch nicht genügend erprobt. Auch bei ihm werden die Möglichkeiten des Exports entscheidend davon abhängen, ob es gelingt, ihn in wirtschaftlicher Hinsicht wettbewerbsfähig zu machen. Vor allem wird es darauf ankommen, die relativ hohen Anlagekosten zumindest bei kleineren Einheiten durch günstige Betriebskosten auszugleichen, oder genügend große Einheiten, wo sich die Kostendegression auswirkt, zu verkaufen. Bis jetzt werden die Aussichten nicht besonders günstig beurteilt.

33 Kanada

Kanada war neben den USA und Großbritannien die dritte Nation, die bereits im zweiten Weltkrieg und in den Jahren danach ein größeres Kernforschungsprogramm betrieb. Die zivile Nutzung der Kernenergie zur Elektrizitätserzeugung begann im Jahre 1956 mit dem Bau des ersten KKW. Kanada legte sich auf einen einzigen Reaktortyp, nämlich den mit Natururan beschickten Schwerwassermoderierten CANDU-Reaktor fest. Der Ausbau der kanadischen KKW-Kapazität ist in der folgenden Tabelle dargestellt.

¹⁾ Vgl. H.R. Lutz: Leistungsreaktoren - eine Einführung und Übersicht, Beilage zum Bulletin Nr. 4, Februar 1969 der Schweizerischen Vereinigung für Atomenergie, Teil I, S. 4

Jahr	erteilte Aufträge in MW	Typ
bis 1960	25	D ₂ O
1961-1965	1200	D ₂ O
1966-1969	1250	D ₂ O u. D ₂ O-H ₂ O
2475		

Tabelle 25 KKW-Entwicklung in Kanada

Kanada exportierte Reaktoren ausschließlich in die beiden Entwicklungsländer Indien und Pakistan, wobei die Gewährung günstiger Kreditbedingungen eine Voraussetzung für diese Exporte war. Im einzelnen wurden folgende Reaktoren exportiert:

Jahr der Auftragserteilung	Importland	Bezeichnung Standort	Reaktor-typ	Reaktor-Hersteller	Leistung in MW	Gesamtkosten der Anlage	Beginn des kommerziellen Betriebes
1963	Indien	Rajasthan-1	D ₂ O	AECL	200	-	1969
1965	Indien	Kalpakkam-1	D ₂ O	AECL	200	-	1971
	Pakistan	Kanupp	D ₂ O	CGE	137	-	1971
1967	Indien	Rajasthan-2	D ₂ O	AECL	200	-	1972

737

Tabelle 26 Kanadische Reaktorexporte

Eine der wichtigsten Grundlagen für den Export dieser Reaktoren war die Verwendung von Natururan als Brennstoff, die eine Ausnützung der in den Importländern vorhandenen Rohstoffreserven ermöglichen soll.

34 Frankreich

Die Entwicklung der friedlichen Nutzung der Kernenergie in Frankreich zeigt deutliche Parallelen zur Entwicklung in Großbritannien. Genau wie dort wurde

unter staatlicher Lenkung zunächst nur eine Reaktorlinie, der Gas-Graphit-Reaktor, verfolgt. Auch in Frankreich gelang diesem Reaktortyp der ökonomische Durchbruch nicht. Dies zeigt sich u.a. an der Tatsache, daß das letzte KKW dieses Typs 1965 in Auftrag gegeben wurde. "Das in Aussicht genommene Ausweichen auf die Natururan-Schwerwasserlinie findet nicht die Zustimmung aller Beteiligten und kann kaum als endgültige Lösung angesehen werden".¹⁾ Neuerdings geht die Entwicklung dahin, daß auch Frankreich zum Einsatz von LWR übergeht. Die bisherige Entwicklung der Kernenergie in Frankreich nahm folgenden Verlauf.

Jahr	erteilte Aufträge in MW	davon Gas-Graphit-Reaktoren in %	andere in %
bis 1960	830	100	-
1961-1965	2121	72	28
	2951	80	20

Tabelle 27 KKW-Entwicklung in Frankreich

Auf dem Exportmarkt war Frankreich wenig erfolgreich. Bisher gelang nur 1967 der Export eines Gas-Graphit-Reaktors von 500 MW nach Spanien, der mit einem Gesamtaufwand von ca. 520 Mill.DM bis 1972 in der Nähe von Tarragona erstellt werden soll.

35 BRD

Die BRD hat im Gegensatz zu den drei vorher genannten Ländern zunächst keine selbstentwickelten Reaktoren eingesetzt. Vielmehr wurden Lizenzverträge mit den großen amerikanischen Reaktorherstellern GE und Westinghouse geschlossen. Mit diesen Konzernen gemeinsam wurden auch die ersten deutschen KKW erstellt.

Der Bau von KKW begann in der BRD, bedingt durch den zweiten Weltkrieg, relativ spät. Dafür ist in der BRD der in den anderen Ländern zu beobachtende Rückgang des Baues von KKW nicht aufgetreten, sondern der Ausbau geht mit unverminderter Geschwindigkeit weiter. Diese Tendenz zeigt auch die folgende Tabelle.

¹⁾ W.Finke: Die KKW der Welt in Atomwirtschaft, Sept/Okt.1969, S.438

Jahr	erteilte Aufträge in MW	davon DWR in %	davon SWR in %	andere in %
bis 1960	30	-	50	50
1960-1965	862	41	56	3
1965-1969	2560	70	25	5
	3452	62	33	5

Tabelle 28 KKW-Entwicklung in der BRD

Trotz des späten Startes der Reaktorindustrie gelang es bereits, zwei Reaktoren zu exportieren. Dies sind

Jahr der Auftragserteilung	Importland	Bezeichnung Standort	Reaktor- typ	Reaktor- Hersteler	Leistung in MW	Gesamtkosten der Anlage in Mill.DM	Beginn des kommerziellen Betriebes
1968	Argentin.	Atucha	D ₂ O-DWR	Siemens	319	350	1972
1969	Niederl.	Borselle-Vlissing.	DWR	KU	400	-	1973

719

Tabelle 29 Exporte der BRD

Interessant ist, daß die BRD in ihren Exportmöglichkeiten nicht auf einen bestimmten Reaktortyp festgelegt ist, sondern je nach Importland flexibel bleibt. Dies zeigen u.a. auch die Verhandlungen mit Japan über den eventuellen Export eines Hochtemperaturreaktors¹⁾.

36 UdSSR

Neben den auch von anderen Nationen gebauten Druckwasser- und Siedewasserreaktoren wurde in der UdSSR zunächst eine eigene Linie, ein Leichtwasser-gekühlter

¹⁾ Vgl. Deutscher Forschungsdienst, Sonderbericht Kernenergie, Nr.15/1969, S.72

Graphit-moderierter Reaktor, gebaut. Inzwischen scheint sich jedoch das Hauptinteresse auf den Druckwasserreaktor zu verlagern und vor allem auf die Entwicklung des Schnellen Natrium-gekühlten Brütters. Die Entwicklung der Kernenergie in der UdSSR nahm folgenden Verlauf.

Jahr des Betriebsbeginns	install. Kapazität in MW	davon LGR in %	davon DWR in %	andere in %
bis 1960	400	100	0	0
1961-1965	570	53	35	12
1966-1970	775	32	47	21
1971-1972	2250	-	71	29
	3995	24	54	22

Tabelle 30 KKW-Entwicklung in der UdSSR

Außer Exporten in die Ostblockstaaten, die hier nicht aufgeführt werden, ist die UdSSR bisher zweimal auf dem Exportmarkt in Erscheinung getreten. Dies sind die folgenden Reaktoren:

Jahr der Auftragserteilung	Importland	Bezeichnung Standort	Reaktortyp	Reaktorhersteller	Leistung in MW	Gesamtkosten d. Anlage in Mill. DM	Beginn des kommerziellen Betriebes
1964	Pakistan	Rooppur	DWR	-	400	-	1970
1969	Finnland	Loviisa	DWR	-	440	450	1976

Tabelle 31 Exporte der UdSSR

Bei beiden Exporten spielten allerdings politische Motive eine ausschlaggebende Rolle. Die Zukunft wird zeigen, ob und in welchem Maße die UdSSR als ernsthafter Konkurrent auf dem Exportmarkt für KKW zu betrachten ist.

4 Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurde auf verschiedene Arten versucht, den Weltbedarf an elektrischer Energie und die Rolle der Kernenergie bei der Deckung dieses Bedarfes abzuschätzen.

Prognose 1: Vorhersage des Weltbedarfs aus der Entwicklung der Weltbevölkerung und einer Extrapolation des Welt-Prokopf-Bedarfs (Tabelle 3). Für die Prognose der installierten Kapazität an KKW wurde auf Expertenschätzungen zurückgegriffen (Tabelle 4).

Prognose 2: Schätzung des Weltbedarfes durch Extrapolation der Weltproduktion an elektrischer Energie (Tabelle 3).

Prognose 3: Aufteilung der Welt in Länderblöcke unterschiedlichen Industrialisierungsgrades. Für diese wurde jeweils gesondert die Bevölkerungsentwicklung geschätzt.

Für die Prognose des Prokopf-Verbrauches wurde der unterschiedliche Industrialisierungsgrad in den einzelnen Blöcken berücksichtigt und ein Vergleich mit der Entwicklung des Prokopf-Verbrauches in den USA unternommen. Um den Anteil der Kernenergie an der gesamten Elektrizitätserzeugung zu schätzen, wurde -zurückgreifend auf Literaturangaben über den in den Hochindustrieländern zu erwartenden Anteil der Kernenergie- versucht, für die übrigen Blöcke durch Analogiebetrachtungen zu plausiblen Annahmen zu kommen. Die Aggregation über die 6 Blöcke liefert eine dritte Prognose des Weltbedarfs an elektrischer Energie (vgl. Tabelle 32).

Wie bereits erwähnt, wurde diese Prognose 3 in dem Bewußtsein erstellt, daß Aussagen über die Zukunft mit großen Unsicherheiten¹⁾ behaftet und zu einem mehr oder weniger großen Teil vom Urteil des Prognoseerstellers über die Art, Anzahl und Entwicklung der relevanten Einflußfaktoren abhängig sind. In der hier besprochenen Prognose ist die Zahl dieser "urteilsabhängigen" Faktoren absichtlich auf zwei, den Prokopf-Verbrauch und den Anteil der Kernenergie beschränkt²⁾. Diese bil-

1) So können z.B. Ereignisse wie der Ausbruch eines dritten Weltkrieges oder die Entwicklung eines wirtschaftlichen konkurrenzfähigen Elektroautomobils in Prognosen dieser Art nicht berücksichtigt werden.

2) Die Bevölkerungswachstumsrate, welche den dritten entscheidenden Einflußfaktor bildet, ist - jedenfalls im Vergleich zu den beiden anderen - kaum urteilsabhängig, sondern in diesem Zusammenhang eher eine Art "Naturkonstante".

Jahr	installierte Gesamtkapazität in GW							installierte nukleare Kapazität in GW						
	HI	I	A	E	EO	AO	Welt	HI	I	A	E	EO	AO	Welt
1963	404	73	33	30	126	23	689	-	-	-	-	-	-	-
1967	511	101	45	46	178	25	906	-	-	-	-	-	-	-
1970	620	150	55	62	265	32	1184	22	2	1	1	3	-	29
1975	820	210	90	100	390	50	1660	87	6	2	2	7	-	104
1980	1040	300	130	170	540	80	2260	210	15	5	5	27	2	264
1985	1280	390	200	270	710	120	2970	380	38	16	11	70	5	520
1990	1540	480	310	450	900	190	3870	620	97	38	27	180	11	973
1995	1830	590	470	690	1100	280	4960	920	180	76	55	330	22	1583
2000	2150	710	740	1140	1330	440	6510	1290	285	148	115	530	44	2412

Tabelle 32

Prognose der Kraftwerkskapazitäten

Erläuterung:

HI = Hochindustrieländer

A = Aufstrebende Länder

EO = Europäischer Ostblock

I = Industrieländer

E = Entwicklungsländer

AO = Asiatischer Ostblock

den, anders ausgedrückt, die entscheidenden Modellparameter, für die natürlich der Prognoseersteller plausible Annahmen zu machen versucht, die aber sehr wohl die Grundlage für Diskussionen über mögliche Zukunftsalternativen bilden können.

Einen ersten Anhaltspunkt, wenn auch keinen Beweis, für die Verlässlichkeit der Prognosen liefert Abbildung 3. In der eingezeichneten Bandbreite liegen sowohl alle Werte der drei in dieser Arbeit erstellten Prognosen als auch die von H.B.Merlin¹⁾ vorhergesagte Entwicklung des Weltbedarfes an elektrischer Energie.

Diese geringe Schwankungsbreite der verschiedenen Prognosen ermöglicht es, nun die detailliertere Prognose 3 zur Grundlage von Überlegungen über die Marktentwicklung und über die Exportchancen in den 6 Blöcken zu machen. In Ergänzung zu den bereits im Abschnitt 2 angestellten Überlegungen soll hier die vermutliche zukünftige Marktentwicklung noch einmal zusammengefasst dargestellt werden. Abbildung 4 zeigt für die Jahre 1970, 1985 und 2000 die Aufteilung der Weltkraftwerkskapazität auf konventionelle und nukleare Kraftwerke²⁾. Ferner ist der Anteil der einzelnen Blöcke an der jeweiligen Gesamtkapazität dargestellt.

Im einzelnen lassen sich für die auf der Abbildung 4 durch unterschiedliche Grautönung hervorgehobenen Länderblöcke folgende Aussagen über die vermutliche Marktentwicklung machen.

In den Hochindustrie- und Industrieländern sind 1970 85% der auf der Erde vorhandenen KKW-Kapazitäten installiert. Wie die Tabellen 7 und 9 zeigen, wird in diesen Ländern bereits in den nächsten 10 Jahren ein beträchtlicher Teil des Kapazitätswachses durch KKW abgedeckt. Hierdurch werden in diesen Ländern bis 1980 die Voraussetzungen für die Verwendung von Mehrtypenstrategien und im besonderen für den Einsatz Schneller Brutreaktoren geschaffen.

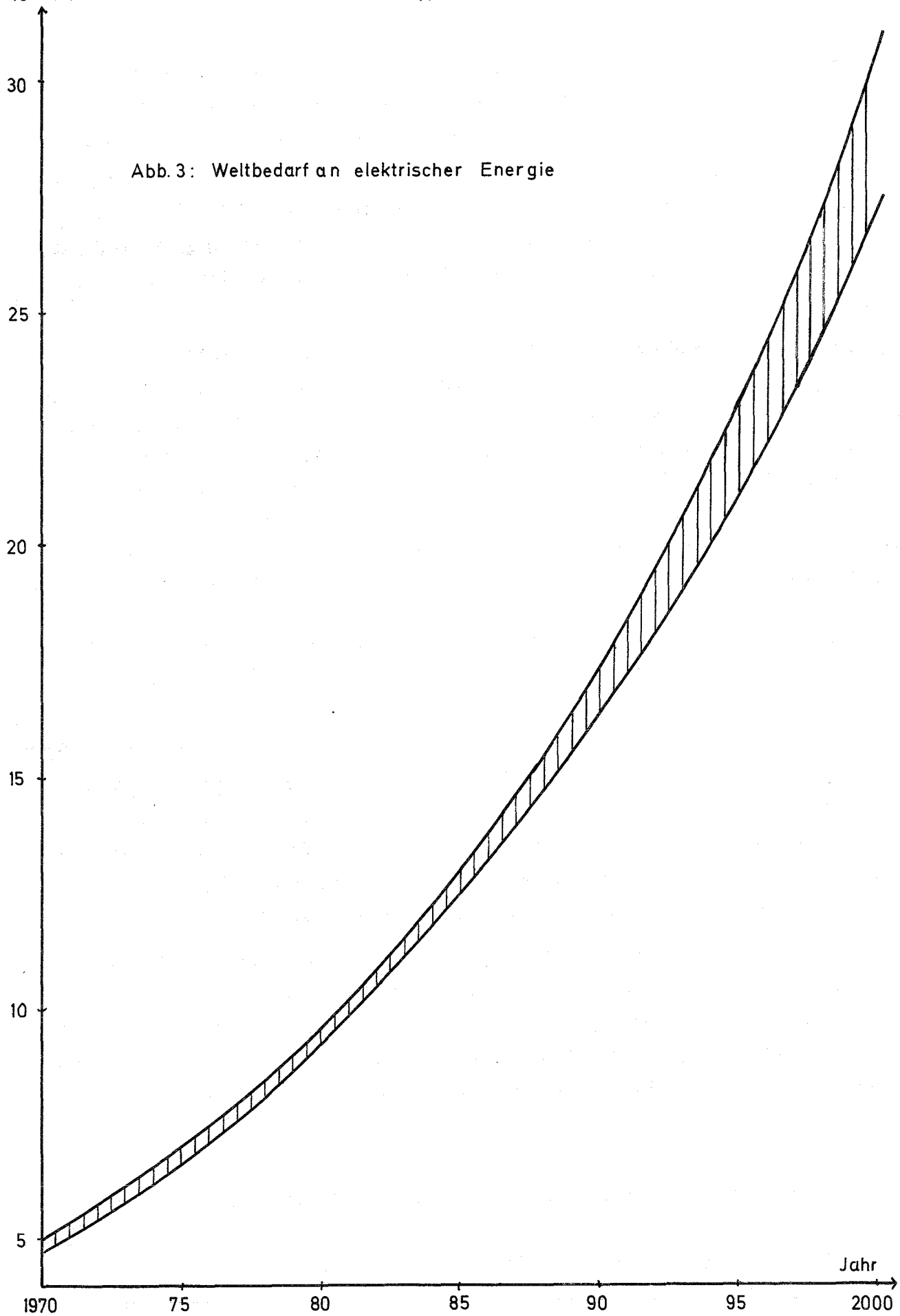
Um auf diesem Markt Exportchancen zu haben, wird es nicht nur notwendig sein, Reaktoren anbieten zu können, die in technischer Hinsicht den Typen der Konkurrenten gleichwertig, wenn nicht sogar überlegen sind, sondern entscheidend werden die Anlage- und Betriebskosten und weitere ökonomische Faktoren, wie Brennstoffzyklus, Lieferfristen, Garantien etc., sein. Dies wird durch die Tatsache

1) H.B.Merlin: Energy Consumption, its Growth and Pattern, AECL-3293, Chalk River, März 1969

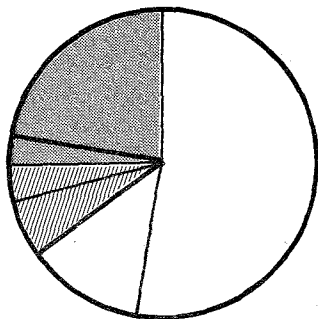
2) Die Kreisflächen symbolisieren die Größenverhältnisse

$\times 10^{12}$ kWh

Abb. 3: Weltbedarf an elektrischer Energie



Gesamtkapazität



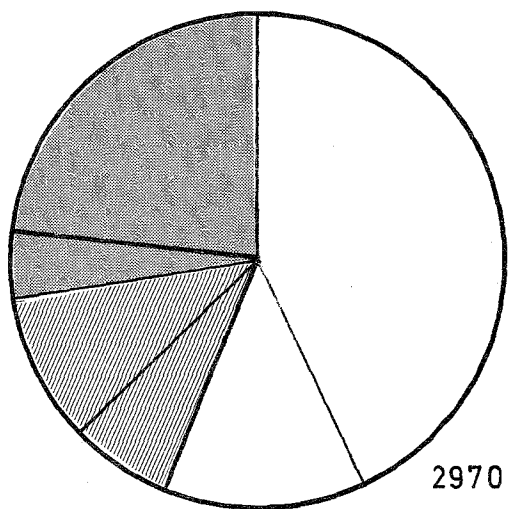
1180 GW

Nukleare Kapazität

1970

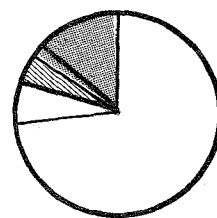


29 GW

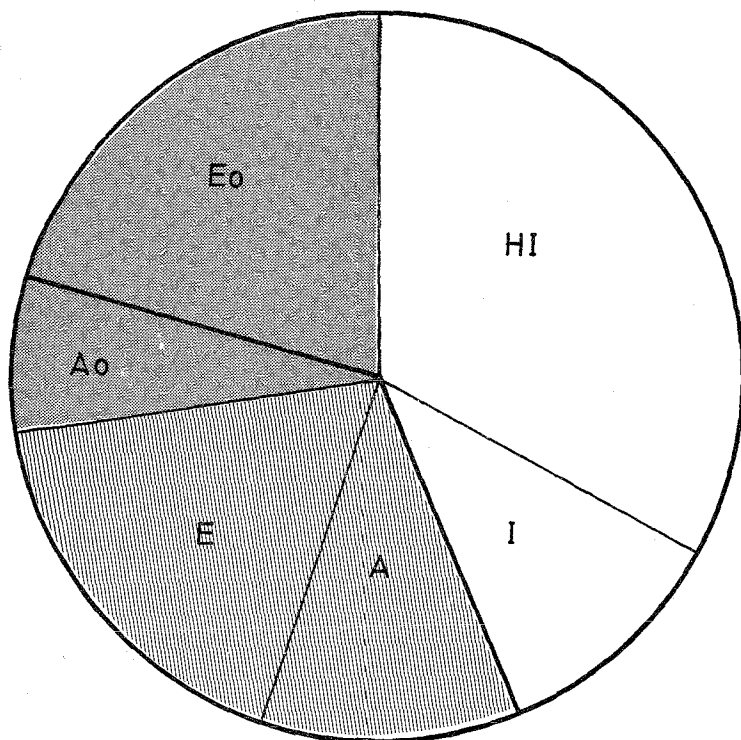


2970 GW

1985

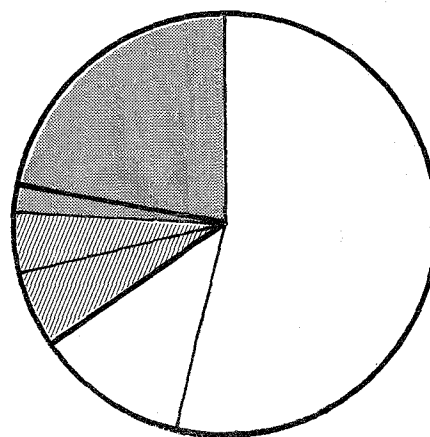


520 GW



6510 GW

2000



2412 GW

Abb. 4: Aufteilung der Weltkapazitäten zu verschiedenen Zeitpunkten

bestätigt, daß 85 % der bisher in diese Länder erfolgten Exporte in den USA hergestellte Siedewasser- und Druckwasserreaktoren waren, die gerade in den oben angeführten Punkten den Konkurrenztypen überlegen sind. Als Schlußfolgerung ergibt sich, daß unter der Voraussetzung technisch gleichwertiger Reaktortypen der Exporterfolg in den industrialisierten Ländern in erster Linie durch die ergriffenen markt- und preispolitischen Maßnahmen bestimmt sein wird.

Für die aufstrebenden und für die Entwicklungsländer zeigen die Tabellen 12 und 15, daß ein größerer Bedarf an nuklearer Kapazität erst in den Jahren ab 1985 entstehen wird. Allerdings dürften die Grundlagen für spätere Exporte größeren Umfangs bereits in den nächsten 10 Jahren gelegt werden. Hierbei werden allerdings nicht markt- und preispolitische Gesichtspunkte die entscheidende Rolle spielen, sondern in erster Linie kreditpolitische Maßnahmen und Zugeständnisse. Diese müssen in Zusammenhang mit dem Problem der Entwicklungshilfe gesehen werden. Das heißt, Reaktorexporte in diese Länder sollten nicht isoliert vorgenommen werden, sondern Hand in Hand gehen mit einer allgemeinen Entwicklung und Förderung der Infrastruktur des jeweiligen Landes. Besonders wichtig könnte hierbei die Schaffung von Verteilernetzen, der Aufbau von elektrizitätsintensiven Industriezentren und die Entwicklung einer eigenständigen Brennstoffherstellung¹⁾ sein. Abschließend sei bemerkt, daß die rechtzeitige Kontaktaufnahme mit den Ländern dieses Blocks, z.B. durch Entsendung von Entwicklungshelfern, durch Abhaltung von Seminaren und Schulungskursen und durch zur Verfügungsstellen von Studienplätzen eine wesentliche Voraussetzung für spätere Exporterfolge werden kann.

In den Ländern des europäischen Ostblocks wird bereits in den nächsten 10 Jahren ein erheblicher Bedarf an nuklearer Kapazität entstehen (vgl. Tabelle 18). Inwieweit sich hierdurch westlichen Ländern Exportchancen bieten, wird jedoch in erster Linie durch die politische Lage bestimmt sein. Erste Exportmöglichkeiten eröffnen sich eventuell in Staaten wie Rumänien und Jugoslawien, die mit Großbritannien, Kanada, Frankreich und der BRD erste Gespräche über die Lieferung von KKW geführt haben. Die tatsächlichen Exportchancen in den Ländern dieses Blocks werden aber vermutlich in erster Linie durch die politischen Maßnahmen der in Frage kommenden Exportländer bestimmt sein, wobei natürlich vorausgesetzt werden muß, daß die angebotenen Reaktortypen in technischer und ökonomischer Hinsicht in etwa gleichwertig sind.

1) Voraussetzung hierfür sind allerdings Reaktoren, die Natururan als Brennstoff verwenden.

Es sollen nun noch einmal kurz die mit dieser Arbeit verbundenen Intentionen zur Sprache gebracht werden. Diese Studie verfolgte den Zweck, eine erste Abschätzung für die Größe und Zusammensetzung des zukünftigen Exportmarktes für KKW zu liefern und erste Hinweise auf die in den jeweiligen Länderblöcken zu ergreifenden absatzpolitischen Maßnahmen zu geben. Hierbei ist deutlich geworden, daß dieser Markt für die Zukunft vielversprechende Aussichten bietet. Es erscheint deshalb wünschenswert, eine genauere und detailliertere Studie dieses Problems anzufertigen. Diese sollte auf Länderbasis erfolgen und dabei vor allem folgende Punkte berücksichtigen:

- Stand und Zukunft der wirtschaftlichen Entwicklung
- vorhandene Energiereserven (Wasserkraft, Kohle, Erdöl, Erdgas, Kernbrennstoffe) und ihre augenblicklichen und zukünftigen Preisrelationen
- Stand und Zukunft der elektrischen Energieversorgung (Bedarf, Lastkurven, Kraftwerksgrößen, Verteilernetze)

Hieraus ließen sich neben genaueren Gesamtbedarfsprognosen für elektrische Energie vor allem genauere Vorhersagen über den Anteil der verschiedenen Kraftwerksarten (Wasser-, fossile und Kernkraftwerke) an der Deckung dieses Bedarfs machen. Weiterhin wäre es vermutlich möglich, auch die für die betrachteten Länder günstigsten Reaktortypen zu bestimmen. Zum Abschluß sei noch erwähnt, daß eine so detaillierte Studie nicht nur die ungefähre Größe des Exportmarktes und seine Aufteilung auf verschiedene Ländergruppen zum Ausdruck bringen würde, sondern gezielt die einzelnen in Frage kommenden Importländer aufzeigen würde und damit eine Basis für die rechtzeitige Kontaktaufnahme mit den jeweiligen Entscheidungsgremien bilden könnte.

5 Schlußbemerkung

In Ergänzung zu den in der Studie gemachten Aussagen lassen sich die folgenden Thesen formulieren:

1. Der Gesamtumfang des Exportvolumens an Kernkraftwerken bezogen auf installierte elektrische Leistung kann bis 2000 optimistisch auf etwa die Hälfte der in hochindustrialisierten Ländern mit eigener Reaktorentwicklung installierten Leistung geschätzt werden. Dabei sind kostenmäßig kaum mehr als die Hälfte der direkten Anlagekosten Exportgüter, der restliche Kostenanteil dürfte mit heimischer Produktion bestritten werden.
2. Einen sehr bedeutenden Aufschwung wird die Errichtung von Kernkraftwerken in den Ländern mit Reaktorimport erst ab etwa 1980 erleben. Die nächsten zehn Jahre entscheiden aber darüber, ob durch Markterschließung überhaupt Exportchancen größeren Umfangs für europäische Länder entstehen können.
3. Der Reaktorexport wird sich, wenn überhaupt, nur auf der Basis inländischer Einsatzerfolge ökonomischer Natur schwerpunktmäßig über die Industrieländer zu den aufstrebenden bis zu den Entwicklungsländern entwickeln. Man würde das Pferd beim Schwanz aufzäumen, wenn man den Schwerpunkt exportvorbereitender Maßnahmen sofort bei den Entwicklungsländern ansetzt.
4. Wegen der zeitlichen Phasenverschiebung des Reaktoreinsatzes von Hochindustrialändern zu Industrieländern, zu aufstrebenden Ländern, zu Entwicklungsländern, ist damit zu rechnen, daß die Kernkraftwerke der ersten Generation (LWR, HWR) noch bis in die neunziger Jahre eine sehr wesentliche Rolle bei Neuinstallationen spielen. Die Frage Schwerwasserreaktoren oder Leichtwasserreaktoren scheint keine eindeutige Lösung zu besitzen. Man sollte sich darauf einstellen, beide Systeme liefern zu können. Das heißt aber, Maßnahmen zur Demonstration der HWR im Großmaßstab und internationale Verbreiterung des Angebotes an angereichertem Uran sind vordringliche exportvorbereitende Maßnahmen.
5. Das Problem des Exportes von Reaktoren der zweiten Generation von Kernkraftwerken (NaSBR, HTR) ist praktisch vollständig vom hohen Industrialisierungsgrad der Länder, in die solche Systeme exportiert werden sollen, abhängig. Die Einsatzfähigkeit (Grundlast, Mehrzweckanlagen), ökonomische Größe (1000 MWe) und technische Kompliziertheit (Na, He-Kühlung) sprechen sehr klar für eine solche Abhängigkeit. Die beste Exportvorbereitung für diese zweite Reaktor-

generation ist zweifellos der erfolgreiche Export von Reaktoren der ersten Generation. Gelingt dieser Export nicht, dürfte der Markt für die zweite Generation weitgehend an die erfolgreicherer Konkurrenten der ersten Runde verlorengelien.

6. Die Zweckmäßigkeit und Zeitgerechtigkeit von Exportförderungsmaßnahmen in einzelnen Ländern läßt sich zuverlässig nur beurteilen, wenn genauere Daten über die energiewirtschaftliche Entwicklung des jeweiligen Landes zusammengestellt werden. Hierbei erscheinen die folgenden Punkte besonders beachtenswert:

- Energieverbrauch in den letzten 10 bis 20 Jahren
Der Prokopf-Energieverbrauch ist ein recht gutes Maß für den Industrialisierungsgrad.
- Verbrauch an elektrischer Energie in den letzten 10 bis 20 Jahren
Aus dem Verhältnis Gesamtenergieverbrauch zu elektrischem Energieverbrauch läßt sich ein Maß für den "Verfeinerungsgrad" der Industrialisierung gewinnen.
- Entwicklung des Kraftwerkparkes nach installierter Gesamtleistung und Anlagegrößenspektrum
Hieraus läßt sich sehr gut prognostizieren, wann Kernkraftwerke überhaupt eingesetzt werden können.
- Kostenentwicklung von Primärenergieträgern
Nicht nur eigene nationale Primärenergiequellen spielen hier eine große Rolle, sondern auch Importe (s. Rohöl in Europa in den sechziger Jahren).
- Entwicklung des Verbundnetzes und der Verteilernetze nach Länge, Spannung, verbundener Gesamtleistung

- Entwicklung des realen BSP in den letzten 10 bis 20 Jahren
Hieraus läßt sich am ehesten abschätzen, in welchem Maße Kredite sich rentieren können.
- Investitionsrate vom BSP in den letzten 10 bis 20 Jahren
Hieraus kann in Zusammenhang mit dem Vorhergehenden die wirtschaftliche Entwicklung des Landes beurteilt werden.

- Politische Entwicklung

Aus der sozialen und politischen Entwicklung und der mußmaßlichen Weiterentwicklung läßt sich das politische Risiko von Exportförderungsmaßnahmen abschätzen.

- Entwicklung des Handelsvolumens

Hieraus kann das Devisenproblem, das ein Kraftwerksexport bedeutet, abgeschätzt werden. Außerdem lassen die Schwerpunkte der Import- und Exportgüter eine Beurteilung des Handelspartners hinsichtlich des gegenseitigen Abhängigkeitsgrades zu und damit hinsichtlich der Stabilität des Handelsverhältnisses.

Die vorliegende Studie wurde in Absprache mit dem jetzigen Referat IV B2 des Bundesministeriums für Bildung und Wissenschaft am Institut für Angewandte Reaktorphysik unter Leitung von Professor Dr. W. Häfele im Rahmen der Gruppe für Systemtechnik angefertigt. Für die Förderung dieser Arbeit und für hilfreiche Diskussionen möchte ich Herrn Dr. J. Seetzen danken.

Liste der wichtigsten Abkürzungen

AGR	=	Advanced Gas-Cooled Reactor
BSP	=	Bruttosozialprodukt
D ₂ O	=	Schwerwasser-moderierter und -gekühlter Reaktor
D ₂ O-H ₂ O	=	Schwerwasser-moderierter, Leichtwasser-gekühlter Reaktor
DWR	=	Druckwasserreaktor
GG	=	Gas-Graphit-Reaktor
GW	=	Gigawatt = 10 ⁹ Watt
KKW	=	Kernkraftwerk
LGR	=	Graphit-moderierter, Leichtwasser-gekühlter Reaktor
LWR	=	Leichtwasser-Reaktor
MW	=	Megawatt = 10 ⁶ Watt
SGHWR	=	Steam Generating Heavy Water Reactor
SWR	=	Siedewasser-Reaktor

Literaturverzeichnis

1. Bücher

- Carr-Saunders : World Population , Oxford, 1936
N. Grosse : Ökonomik der Kernenergie , Tübingen, 1963
H.G.Johnson : International Trade and Economic Growth,
3. Aufl. , London , 1965
K.Krüger : Der Ostblock , Berlin , 1960
L.C.Nehrt : International Marketing of Nuclear Power
Plants, London , 1966
P.Sporn : Vistas in Electric Power, Vol 1, Oxford , 1968
--- : The Future of Power Generation , Study Prepared for the
Centennial Celebration of Koninklijke Machine-
fabriek , Stork N.V. , 1968

2. Reports

- D.Faude, P.Jansen, J.Seetzen : Models for Economic
Considerations on the Introduction of Nuclear
Energy , IAEA Symposium on Nuclear Energy , Costs
and Economic Development , Istanbul, 20. - 24.10.69
Paper SM - 126 / 32
K. Goldsmith : Some Aspects of Power System Expansion
in Developing Countries , IAEA-Symposium,
Istanbul , Paper SM - 126 / 28
H.J.Bhabha / M. Dayal : World Energy Requirements and
the Economics of Nuclear Power with Special
Reference to Underdeveloped Countries in
Proceedings of 3. ICP UAE Genf , 1964 , S. 41 ff
H.Krämer, J.Seetzen : Mögliche Entwicklungen einer
künftigen Kernenergiewirtschaft in der BRD,
Studie im Auftrag des BMwF, Dez. 1968
A.D.Little, Inc.: The Growth of Foreign Nuclear Power,
TID - 22973, USAEC, April 1966
UN : Contribution of Nuclear Energy to Future World
Power Needs in Proceedings of the International
Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy
in Genf, 1955 , Vol. 1 , S. 88 ff
UN : The Future Growth of World Population , New York , 1968
UN Economic Commission for Europe : Methods and Principles
for Projecting Future Energy Requirements , 1968

3. Zeitschriften

- H.J.Brüchner : Braucht die deutsche Reaktorindustrie
eine Exportförderung ? in Atomwirtschaft April
1966 S. 162 f.
- M. Davis : The Peaceful Use of Nuclear Energy in Atom,
Juli 1969, S. 198 ff.
- W.Finke : Die Kernkraftwerke der Welt , in Atomwirtschaft
Sept. - Okt. 1969 , S. 438 ff.
- W.Finke,M.Kämpken : Verzeichnis der Kernkraftwerke der
Welt , in Atomwirtschaft Sept. - Okt. 1969, S. 441 ff.
- P.H.Kruck, M.D.Ristic : Small and Medium - Size Power
Reactors,in Nuclear Engeneering International,
März 1969, S. 209 ff.
- H.R. Lutz : Leistungsreakortypen, Beilage zu Bulletins
Nr. 4 und 5 1969 der Schweizerischen Vereini-
gung für Atomenergie
- : Power Reactors 1969 - Index , in Nuclear Engeneering
International, Febr. 1969 S. 111 ff.

4. Statistiken

- S.H.Steinberg,ed.: The Statesman's Yearbook 1968/1969,
New York 1968
- IRO - Weltwirtschaftsatlas
- Statistisches Jahrbuch der BRD, 1968
- UN : Statistical Yearbooks 1960 - 1968
- UNESCO : Statistical Yearbook 1967
- UN : Economic Survey of Asia and the Far East, 1967

