

ZUR ZUKUNFT DER SCHWEIZERISCHEN REAKTORENTWICKLUNG

Memorandum des Delegierten für Fragen der Atomenergie

14. April 1965

Inhaltsverzeichnis

	Seite
I. Ausgangslage	1
1. Die Bedeutung eines eigenen Reaktorbaues für die Schweiz	1
a) Die energiewirtschaftlichen Ueberlegungen	1
b) Die Notwendigkeit einer schweizerischen reaktorbauenden Industrie	2
2. Der für eine Reaktorentwicklung notwendige technische Aufwand	5
3. Die verschiedenen Gruppen von Reaktortypen und ihr Entwicklungsstand	8
4. Der in der Schweiz verfolgte Reaktortyp und Gründe für seine Wahl	10
5. Der heutige Stand der schweizerischen Reaktorentwicklung	11
6. Die Zusammenarbeit mit dem Ausland	14
II. Die Zielsetzung für die Zukunft	17
1. Ein Zehnjahresprogramm für die Fortsetzung der schweizerischen Reaktorentwicklung	17
2. Der finanzielle Aufwand für dieses Programm	20
III. Die Finanzierung und Organisation der schweizerischen Reaktorentwicklung	22
1. Die bisherige Organisation und Finanzierung, sowie die heutige Lage	22
2. Vergleiche mit dem Ausland	26
3. Die Alternativen für die Zukunft	28
4. Vorschläge für eine Nachfolgeorganisation der NGA, falls der Bund im wesentlichen die schweizerische Reaktorentwicklung finanzieren muss	31
a) Die Anforderungen an eine solche Organisation	31
b) Ihr Aufbau und ihre Gremien	33
c) Ihr Verhältnis zu den Elektrizitätswerken, der am Reaktorbau interessierten Industrie und den Hochschulen	36
IV. Schlussbetrachtungen	37



ZUR ZUKUNFT DER SCHWEIZERISCHEN REAKTORENTWICKLUNG

Memorandum des Delegierten für Fragen der Atomenergie

I. Ausgangslage

1. Die Bedeutung eines eigenen Reaktorbaues für die Schweiz

Die Notwendigkeit, die schweizerische Industrie in den Reaktorbau einzuschalten, ergibt sich einerseits aus energiewirtschaftlichen, andererseits aus volkswirtschaftlichen Ueberlegungen hinsichtlich der zukünftigen Entwicklung unserer Wirtschaft.

a) Die energiewirtschaftlichen Ueberlegungen

Heute wird allgemein anerkannt, dass die schweizerische Elektrizitätswirtschaft schon in den nächsten Jahren dringend einer neuen Energiequelle bedarf, da der Ausbau der Wasserkräfte sich rasch dem Ende nähert. Einigkeit besteht auch darüber, dass die Atomenergie dank ihrer verschiedenen Vorteile (relativ geringe Abhängigkeit von ausländischen Brennstofflieferungen, leichte Vorratshaltung, minimale Beeinträchtigung der Natur, insbesondere der Luft und Gewässer) eine wichtige Rolle in der Elektrizitätsversorgung spielen wird. Einzig über den Zeitpunkt, in welchem diese Energieform im Grossmasstab wirtschaftlich eingesetzt werden kann, gehen die Meinungen auseinander.

Der Ende des letzten Jahres gefasste Beschluss der Nordostschweizerischen Kraftwerke AG, ein Kernkraftwerk mit 300'000 Kilowatt elektrischer Leistung, d.h. mit einer möglichen Jahresproduktion von 1,5 - 2,1 Mia Kilowattstunden, zu bauen, zeigt aber, dass solche neue Anlagen mindestens in gewissen Fällen schon zu günstigen Preisen Strom produzieren werden. Die Projekte der Bernischen Kraftwerke und der Elektro-

Watt AG, deren Ausführung allerdings noch nicht beschlossen ist, bestätigen diesen Sachverhalt. Nach der Ansicht vieler in- und ausländischer Experten wird die Verwendung der Atomenergie sehr rasch zunehmen, sodass gegen Ende dieses Jahrhunderts in manchen Industriestaaten (höchstwahrscheinlich auch in der Schweiz) mehr als die Hälfte der Elektrizität in Kernkraftwerken produziert werden wird. Das heisst aber, dass in den kommenden Jahrzehnten zunehmend Kernreaktoren gebaut werden. In unserem Lande kann man sogar erwarten, dass schon in zehn bis zwanzig Jahren vorwiegend Kernkraftwerke erstellt werden. Nach amerikanischen Schätzungen wird die in solchen Anlagen in allen Ländern installierte elektrische Leistung (5 Mio kW im Jahre 1964) auf 25 Mio kW im Jahre 1970 und dann auf 150-250 Mio im Jahre 1980 ansteigen.

b) Die Notwendigkeit einer schweizerischen reaktorbauenden Industrie

Bei allen heute in der Schweiz zur Diskussion stehenden Vorhaben wird der Einbau eines ausländischen Reaktors geplant. Bisher hat unsere Industrie fast vollständig die Ausrüstung für die in unserem Lande erstellten hydraulischen und thermischen Kraftwerke geliefert und daneben noch solche Einrichtungen exportiert. Auf diesem Gebiete sind etwa 500 Betriebe mit rund 60'000 Arbeitern und Angestellten tätig. Etwa ein Fünftel der Gesamtausfuhr unserer Maschinenindustrie entfällt auf Kraftwerksausrüstungen im weitesten Sinne. Dieser Industriezweig muss sich rechtzeitig auf die Reaktortechnik umstellen, falls ihm ein ausreichendes Tätigkeitsfeld erhalten bleiben soll.

Der Kernkraftwerksbau eignet sich, da es bei ihm voraussichtlich noch lange Zeit um eine Massanfertigung unter Berücksichtigung mannigfaltiger Spezialwünsche geht, besonders gut für die Schweiz. Die hohen Anforderungen an die Genauigkeit und Sauberkeit der Herstellung in diesem Sektor sollten unserer Präzisionsindustrie mit ihrem gut geschulten Mitarbeiterstab ein Mitmachen auf diesem Gebiete unter günstigen Voraussetzungen erlauben.

Der Zugang zum Reaktorbau kann, wie ausländische Beispiele zeigen, auf verschiedenen Wegen gefunden werden. Im einen Extremfall konzentrieren sich die interessierten Unternehmungen auf den Erwerb von

Lizenzen, d.h. man basiert die eigene industrielle Tätigkeit praktisch ausschliesslich auf ausländische technische Entwicklungen. Im andern Extremfall schafft man die technischen und wissenschaftlichen Grundlagen vollständig aus eigenen Kräften und ist damit ganz von anderen Ländern unabhängig. Daneben existieren manche Zwischenlösungen, bei denen Kernkraftwerke in mehr oder weniger engem Zusammenhang mit gleichgerichteten ausländischen Anstrengungen entwickelt werden.

Beispielsweise haben die USA und Grossbritannien praktisch unabhängig von irgendeiner internationalen Zusammenarbeit aus ihren militärischen Entwicklungen Reaktoren für die Elektrizitätserzeugung abgeleitet und zur Industriereife gebracht. In Deutschland, welches mit ähnlichen von aussen auferlegten Schwierigkeiten beim Start in der Reaktortechnik zu kämpfen hatte wie die Schweiz, konnte man sich wegen der Grösse des Industriepotentiales die Verfolgung verschiedener Wege leisten. Gewisse Grossunternehmen haben sich dort eng mit Reaktorfirmen in den Vereinigten Staaten verbunden und bauen Kernkraftwerke, welche auf den amerikanischen Entwicklungen basieren. Andere Gesellschaften hingegen versuchen sich mit einer eigenständigen Reaktorkonzeption in den Kraftwerksbau einzuschalten. Als Beispiel für ein kleineres Land kann Schweden aufgeführt werden, welches seine Kräfte auf die Förderung einer Eigenentwicklung konzentriert und dabei nur zu einem geringen Teil auf die Zusammenarbeit mit ausländischen Partnern abstellt.

Für die Schweiz kommen beide der genannten Extremfälle nicht in Frage. Ein reiner Lizenzbau schränkt die Exportmöglichkeiten unserer Industrie zu stark ein. Würde der Absatz für schweizerische Kernkraftwerke deswegen auf den Binnenmarkt begrenzt, so ergäbe sich daraus ein ungenügendes Tätigkeitsfeld. Ferner muss berücksichtigt werden, dass manche Elektrizitätsunternehmen die Lieferung von schlüsselfertigen Anlagen verlangen, wobei das Bedürfnis für möglichst umfassende Garantieleistung für solche Begehren mitverantwortlich ist. Würde sich also die schweizerische Industrie allein auf den Bau gewisser Komponenten von Kernkraftwerken beschränken, so hätte sie bei solchen Aufträgen sicher Schwierigkeiten zu gewärtigen. Eine vollständig unabhängige Eigenentwicklung würde jedoch nicht nur die finanziellen, sondern auch die personellen Möglichkeiten der Schweiz übersteigen. Man hat deshalb in unserem Land von jeher die internationale Zusammenarbeit auf diesem

Gebiete gefördert und sucht ständig die Beziehungen mit gleich interessierten ausländischen Stellen, welche bereit sind, die Schweiz als vollwertigen Partner anzunehmen, auszubauen und zu intensivieren. Im Interesse unserer exportorientierten Industrie muss dabei natürlich immer darauf geachtet werden, dass die Resultate solcher gemeinsamer Anstrengungen unseren Unternehmungen für ihre eigenen Zwecke frei zugänglich sind. Das bedeutet unter anderem auch, dass die Schweiz selbständige Entwicklungsarbeiten ausführt, deren Resultate als interessantes Tauschobjekt verwendet werden können.

Ganz allgemein gesehen sind eigenständige Leistungen im Reaktorbau, der heute fast zum Masstab für die technische Fortschrittlichkeit eines Landes genommen wird, für einen hochindustrialisierten Staat von ausserordentlicher Bedeutung. Die für die Lösung der oft sehr schwierigen reaktortechnischen Probleme entwickelten Methoden und die dabei anfallenden Erkenntnisse können auch auf anderen Gebieten als dem Reaktorbau neue Möglichkeiten eröffnen und zu interessanten Anwendungen führen. Zudem steht heute schon fest, dass die Reaktortechnik nicht einfach einen ausgefallenen Spezialzweig der Technik darstellt, der nur für die Erstellung von Kraftwerken von Bedeutung ist, sondern es werden eine ganze Anzahl von Anwendungen der Atomenergie, wie die Erzeugung von Wärme für Heizzwecke, der Einsatz von Strahlung für die Herstellung besonderer Kunststoffe, die Atomantriebe für Schiffe, auf ihr basieren.

Nicht zuletzt muss man dem verständlichen Bedürfnis unseres wissenschaftlichen und technischen Nachwuchses Rechnung tragen, an Entwicklungen mitgestalten zu können, welche wegweisend für die Zukunft unserer Zivilisation sind. Nachdem die Beteiligung der schweizerischen Industrie an der Flugzeug- und Raketenentwicklung sehr bescheiden ist und zum Teil sogar aufgehört hat und auch der schweizerische Beitrag in der Elektronik in keinem angemessenen Verhältnis zur heutigen grossen Bedeutung dieses Gebietes und zum industriellen Niveau unseres Landes steht, würde die Tendenz unseres wissenschaftlichen und technischen Nachwuchses zur Auswanderung bedenklich verstärkt, wenn man auch in der Reaktortechnik zum vornherein auf eine eigenständige Anstrengung verzichten würde.

Aus all diesen Gründen ergibt sich die Notwendigkeit, eine schweizerische Reaktorentwicklung durchzuführen.

2. Der für eine Reaktorentwicklung notwendige technische Aufwand

Bei der zivilen Reaktorentwicklung geht es darum, ein Industrieprodukt zu schaffen, welches sich in Konkurrenz mit andern Erzeugnissen (konventionelle Dampferzeugungsanlagen, Dieselmotoren etc.) einen Markt erringen muss. Damit spielen für die Entwicklung traditionelle industrielle Belange eine wichtige Rolle, wie z.B. die Suche nach ökonomischen Konstruktionen, welche die gesetzten Ziele sicher und mit hohem Nutzeffekt erreichen. Daneben treten aber ganz neuartige Aspekte, welche eine bedeutende Umorientierung der bisherigen Auffassungen bedingen, auf.

Die Beanspruchungen, denen die Materialien im Innern des Reaktors ausgesetzt sind, umfassen neben den in der konventionellen Technik bekannten Einflüssen (mechanische und thermische Beanspruchungen, Korrosion) auch die Wirkungen der intensiven radioaktiven Strahlung. Die Verluste von Neutronen, welche die energiespendende Kettenreaktion der Kernspaltung aufrecht erhalten sollten, in den strukturellen Teilen des Reaktors und die hohen Sicherheitsanforderungen werfen weitere, neuartige Probleme auf. Die theoretischen wie die technologischen Voraussetzungen für Entwicklung und Bau von Reaktoren liegen deshalb zu einem wesentlichen Teil auf solchen Wissensgebieten, welche den Einsatz von Kernfachleuten und besonderer nuklearer Versuchseinrichtungen verlangen. Zur Beschaffung des auf diesen Gebieten notwendigen Erfahrungsgutes wurden praktisch in allen industriell fortgeschrittenen Staaten nationale Reaktorentwicklungszentren aufgebaut. In der Schweiz entstand dank der vorausschauenden Initiative unserer Industrie vor 10 Jahren das entsprechende Institut in Würenlingen.

Wirtschaftliche Kernreaktoren können nicht in einem Schritt entwickelt werden. Die wissenschaftlichen, technischen und industriellen Erfahrungen, welche notwendig sind, um nur eine der theoretisch möglichen vielen Kombinationen von Konstruktionen und Materialien (eine bestimmte Auswahl wird ein Reaktortyp genannt) zu einer industriereifen Anlage zu entwickeln, müssen während einer ausgedehnten Zeitspanne durch planmässiges Vorgehen gesammelt und systematisch erweitert werden. In diesem Ablauf spielen zuerst theoretische und experimentelle Untersuchungen konkreter Einzelprobleme eine Hauptrolle. In zunehmendem Masse

gewinnen dann die Probleme des Zusammenwirkens mehrerer Effekte unter Betriebsbedingungen an Bedeutung, bis sich schliesslich das Hauptgewicht auf die praktische Erprobung der gesamten Konstruktion verlagert und zwar zunächst noch ohne besondere Rücksicht auf den ökonomischen Aspekt. Im einzelnen können die folgenden Phasen unterschieden werden:

1. Phase: Sie umfasst in der Reaktorphysik die Beschaffung der Daten über die nuklearen Eigenschaften der verwendeten Materialien, die Entwicklung der zur Berechnung der Reaktoren notwendigen theoretischen Methoden und deren Prüfung durch Experimente mit Hilfe von sogenannten kritischen und unterkritischen Anlagen. Auf technologischem Gebiet wird vorwiegend das Verhalten von Materialien unter Reaktorbedingungen durch Einzelexperimente in Prüfreaktoren untersucht.

2. Phase: In ihr wird eine erste Versuchsausführung des gewählten Reaktortyps von einigen tausend Kilowatt thermischer Leistung erstellt und betrieben. Diese weist die wichtigsten Merkmale der in Aussicht genommenen Kraftwerksanlagen auf, wird jedoch mit zusätzlichen Messinstrumenten und Versuchsvorrichtungen versehen, da sie nicht nur dazu dient, besonders in der Fabrikation bereits in industriellem Masstabe Erfahrungen zu gewinnen, sondern auch eine eingehende technische Prüfung aller Komponenten bei den verschiedenen Betriebsbedingungen erlauben soll.

3. Phase: In ihr erfolgt der Bau eines Prototyp-Kraftwerkes, das erstmals alle Eigenschaften eines Kraftwerkes aufweist. Im Dauerbetrieb dieses Werkes soll die praktische Bewährung des gewählten Typs nachgewiesen und damit die Voraussetzung für eine zuverlässige technische und wirtschaftliche Extrapolation auf das folgende, erste Grosskraftwerk ermöglicht werden.

Da die Erstellung eines Kernkraftwerkes mehrere Jahre dauert und die technische Entwicklung heutzutage sehr rasch und ohne Unterbruch weiterschreitet, müssen die Studien und Untersuchungen der ersten Phase parallel zu den andern Phasen kontinuierlich weitergeführt werden, damit immer der neueste Stand der Technik berücksichtigt werden kann. Je nach den Fortschritten, welche in diesem Rahmen erzielt werden, muss unter Umständen mehr als ein Prototyp-Kraftwerk gebaut werden, wenn die erzielten Verbesserungen wesentliche Änderungen der ganzen Konzeption

verlangen, oder sich sonstwie die Extrapolation auf Grund der bisherigen Erfahrungen als schwierig erweist. Es ist nicht möglich, die einzelnen Phasen streng hintereinander auszuführen, da ein Abwarten der vollständigen Ergebnisse einer Phase vor Beginn der nächsten vielfach zu zeitraubend wäre und auch nicht unbedingt notwendig ist, da Resultate oft fortlaufend berücksichtigt und verarbeitet werden können. Die einzelnen Teile eines Reaktorentwicklungsprogrammes müssen deshalb sorgfältig aufeinander abgestimmt werden, damit das Ziel auf einem optimalen Weg erreicht wird. Wegleitend sind dabei die sogenannten Projektstudien, deren Aufgabe es ist, die jeweils erarbeiteten Kenntnisse auf den zahlreichen Einzelgebieten synthetisch zu einem Kraftwerksprojekt zu verarbeiten, das schon in einer frühen Entwicklungsphase ein Bild des angestrebten Grosskraftwerkes vermittelt. Dadurch wird das Zusammenwirken der verschiedenen Entwicklungsprobleme erkannt und deren relative Bedeutung feststellbar.

Der Umfang der Arbeiten und die finanziellen Aufwendungen, die für eine solche Entwicklung notwendig sind, übersteigen die Kraft einer einzelnen Unternehmung (beispielsweise haben die USA bis jetzt für die vollständig neue Entwicklung des Leichtwasser-Druckreaktortyps rund \$ 200 Millionen ausgegeben).

Auch der Kleinstaat kann diese Aufgaben nur dann mit einer vernünftigen Aussicht auf Erfolg bewältigen, wenn er die bereits vorhandenen Kenntnisse und Erfahrungen ausnützt und alle verfügbaren Kräfte zusammenfasst. Die ausländischen Beispiele zeigen, dass in kleineren Ländern die Entwicklung nur eines einzigen Reaktortyps wirklich intensiv betrieben werden kann. Die damit verbundene Einseitigkeit erweist sich als weniger gefährlich, als langsame Fortschritte, verursacht durch eine Aufsplitterung der Mittel auf verschiedene Richtungen. Bis heute kennt man noch keinen Reaktortyp, der in jeder Beziehung alle andern übertrifft, hingegen sind eindeutig diejenigen Kernkraftwerke schon industriereif, deren Entwicklung mit dem grössten Aufwand betrieben wurde.

3. Die verschiedenen Gruppen von Reaktortypen und ihr Entwicklungsstand

Man kann drei grosse Gruppen von Reaktortypen unterscheiden, deren technische Reife zum Teil verschieden weit fortgeschritten ist:

- a) Die "erprobten Reaktoren, welche das Uran schlecht verwerten",
- b) Die "Konverter"-Reaktoren mit verbesserter Brennstoffausnutzung, wobei aber nicht mehr Spaltstoff erzeugt als verbraucht wird,
- c) Die "Brutreaktoren", welche mehr Brennstoff erzeugen als verbrauchen.

Die zur ersten Gruppe gehörenden amerikanischen Leichtwasser- sowie die britischen und französischen Graphitreaktoren, welche zuerst für militärische Zwecke entwickelt wurden, sind heute soweit vervollkommen und erprobt, dass entsprechende Kernkraftwerke mit grosser Leistung und guter Ausnützung, die gegenwärtig in Auftrag gegeben werden, Elektrizität ebenso billig wenn nicht billiger als öl- oder kohlegefeuerte thermische Kraftwerke gleicher Grösse erzeugen können.

Bei der zweiten Gruppe, welche unter anderen die verschiedenen Varianten des schwerwassermoderierten Reaktortyps umfasst, wurde der kanadische schwerwassergekühlte Reaktor vom Vorsitzenden der amerikanischen Atomenergiebehörde als industriereif bezeichnet. Die andern Mitglieder dieser Gruppe, wozu insbesondere die mit Leichtwasserdampf oder Gas gekühlten Schwerwasserreaktoren - die Basis der schweizerischen Entwicklung - und die graphitmoderierten, gasgekühlten Hochtemperaturreaktoren gehören, befinden sich in mehr oder weniger fortgeschrittenen Stadien der Entwicklung. Vorläufig sind jedoch noch keine Prototyp-Kraftwerke, die auf dieser Technik basieren, im Betrieb. Manche Experten sind überzeugt, dass die Konverter-Reaktoren spätestens in den siebziger Jahren konkurrenzfähig mit der Gruppe a) sein werden.

Die Brutreaktoren werden erst seit wenigen Jahren in einigen Staaten mit grösserem Aufwand entwickelt. Bei ihnen sind so schwierige technische Probleme zu lösen, dass es vermutlich noch einige Zeit dauern wird, bis Kernkraftwerke mit Brutreaktoren als Wärmequelle wirtschaftlich konkurrenzfähig sein werden. Auch wenn dieser Punkt erreicht wird, sind die andern Reaktortypen vermutlich noch für Jahrzehnte zur Erzeugung des Ausgangsinventars für die Brutreaktoren erforderlich, da der Elektrizitätsbedarf voraussichtlich noch auf längere Sicht wesentlich rascher

ansteigen wird, als dass die Erzeugung von Spaltstoff in den bereits vorhandenen Brutreaktoren für die Beschickung der neuerstellten Anlagen ausreichen würde.

Die Entwicklung von Reaktoren, welche das Uran besser ausnützen, als die heute industriereifen Anlagen, ist nach der Ansicht vieler Fachleute eine dringliche Aufgabe, wenn man in den nächsten Jahrzehnten einen wesentlichen Teil der Elektrizitätsversorgung auf Atomenergie basieren will. Die gegenwärtig bekannten Vorräte an billigem Uran werden relativ rasch erschöpft sein, sobald eine grössere Zahl von Kernkraftwerken in Betrieb kommen wird. Es steht dann noch teurerer Kernbrennstoff in grossen Mengen zur Verfügung; dessen Einsatz wird aber nur wirtschaftlich interessant sein, wenn die pro Kilogramm abgebautes Natururan erzeugte Energiemenge wesentlich grösser ist, als bei den heutigen Kernkraftwerken. Darum unterstützen die Regierungen in einer ganzen Anzahl von Ländern, darunter auch solchen, welche, wie die USA, industriereife Reaktoren besitzen, die Entwicklung von guten Konverter-Reaktoren, selbst wenn sie schon die Brutreaktortechnik fördern.

Die Aufteilung der zukünftig in den sechs Staaten der EWG gebauten Kernkraftwerke auf die verschiedenen Gruppen wird von den Fachleuten des Euratom auf Grund der heutigen technischen Aussichten wie folgt vorausgesagt:

	ERPROBTE REAKTOREN		FORTGESCHRITTENE	SCHNELLE	INSGESAMT
	Graphit-Gas	Wasser	KONVERTER (u.a. Schwerwasser-Reaktoren)	BRÜTER	
Am Ende der Voraus-	in 1000 kW (elektrisch)				
schätzungsperiode					
1970 *)	2.000	1.500	200	-	3.700
1970-1974	5.500	5.000	1.500	-	12.000
1975-1979	17.000	17.000	5.000	1.000	40.000
1980-1984	25.000	25.000	19.000	6.000	75.000
1985-1989	35.000	35.000	51.000	19.000	140.000
1990-1994	35.000	35.000	98.000	60.000	228.000
1959-1999	35.000	35.000	115.000	185.000	370.000

*) Dies entspricht etwa 20 Kraftwerken, die sich in Betrieb, im Bau oder in der Planung befinden.

4. Der in der Schweiz verfolgte Reaktortyp und Gründe für seine Wahl

Die schweizerischen Bemühungen um eine eigenständige Reaktor-technik haben sich bisher vorwiegend auf den schwerwassermoderierten Druckrohrreaktor konzentriert. Bei diesem Reaktortyp werden die Neutronen zur Verbesserung der Wahrscheinlichkeit, dass sie eine Kernspaltung initiieren, durch schweres Wasser als Moderator abgebremst. Der Brennstoff wird in metallumhüllten Stabbündeln, den Brennstoffelementen, einzeln in Druckrohre eingebaut, welche durch den Tank mit der Moderatorflüssigkeit hindurchführen. Dadurch kann das Kühlmittel, das die produzierte Wärme von den Brennstoffelementen wegführt, vom Moderator ganz getrennt gehalten und damit frei gewählt werden. Verantwortlich für diese Wahl waren die folgenden Gründe:

Der für eine eigenständige schweizerische Reaktorentwicklung erforderliche Aufwand muss unseren personellen, technischen und finanziellen Mitteln entsprechen. Sie soll innert nützlicher Frist zur Realisierung wirtschaftlich konkurrenzfähiger Kernkraftwerke führen. Ein Reaktor schweizerischer Bauart muss technische und ökonomische Möglichkeiten bieten, die wesentlich über diejenigen der heute in unserem Lande im Vordergrund der Diskussion stehenden ausländischen Reaktoren hinausgehen. Diese weitgehend mit staatlichen Mitteln bis zur Wirtschaftlichkeit entwickelten amerikanischen Anlagen sind vom Leichtwassertyp und daher an die Verwendung von angereichertem Uranbrennstoff gebunden.

Einige bedeutende Vorteile des als schweizerische Reaktorlinie gewählten Schwerwasserkonzeptes seien hier kurz angeführt:

- Hohe Brennstoffausnutzung (guter Konverter-Reaktor).
- Neben Uran kann Thorium als Brennstoff verwendet werden, wobei die Möglichkeit besteht, einen Brutzyklus zu realisieren, d.h. es kann gleichzeitig mit der Energieproduktion mehr neuer Brennstoff erzeugt werden als verbraucht wird.
- Der hohe Ausnutzungsgrad ergibt günstige Brennstoffkosten und geringe Abhängigkeit vom Uranpreis.
- In Anbetracht der beschränkten Bezugsmöglichkeiten für angereicherten Uranbrennstoff (einziger Lieferant gegenwärtig die USA) ist es im In-

teresse der wirtschaftlichen Unabhängigkeit von Bedeutung, dass Schwerwasserreaktoren nötigenfalls auch mit frei auf den Weltmärkten erhältlichem Natururan betrieben werden können.

- Im Gegensatz zu den weitgehend als amerikanisches Monopol zu betrachtenden Leichtwasserreaktoren bietet das sich heute auch in andern Industriestaaten noch im Entwicklungsstadium befindliche Schwerwasserkonzept der schweizerischen Wirtschaft gute kommerzielle Aussichten.

Die Weiterverfolgung der Schwerwasserlinie rechtfertigt sich umso mehr, als die schweizerischen Fachleute mit dem Bau des Materialprüfreaktors DIORIT in Würenlingen und dem Versuchsatomkraftwerk Lucens eine mehr als zehnjährige Erfahrung mit diesem Konzept gewonnen haben.

5. Der heutige Stand der schweizerischen Reaktorentwicklung

Mit Bezug auf die im Abschnitt 3 gegebene Uebersicht über die verschiedenen Stadien einer Reaktorentwicklung haben die schweizerischen Anstrengungen mit dem Bau des unterirdischen Versuchskernkraftwerkes bei Lucens von ca. 7000 kW elektrischer Leistung die Phase der Versuchsanlage erreicht. Der Lucens-Reaktor, welcher von der Nationalen Gesellschaft zur Förderung der industriellen Atomtechnik (NGA) einer Arbeitsgemeinschaft bestehend aus an ihr beteiligten Ingenieurbüros und dem Gründeraktionär Therm-Atom AG in Auftrag gegeben wurde, ist so ausgelegt, dass mit ihm mannigfaltige Versuche ausgeführt werden können. Dabei erweist sich die Druckrohrkonstruktion als besonders vorteilhaft für die Erprobung verschiedener Brennstoffelemente. Sie gestattet auch die Variation der Kühlmethoden in beschränktem Rahmen. Leider haben sich auf ganz konventionellen Gebieten, nämlich bei der Erstellung der Kavernen, in welche unter anderem der Reaktor eingebaut werden soll, Verzögerungen ergeben, sodass erst im Verlaufe des Jahres 1966 mit den Inbetriebnahmeversuchen begonnen werden kann.

In Anbetracht der sehr beschränkt verfügbaren Mittel und personellen Kräfte hat man beim Lucens-Reaktor vorwiegend solches Material und solche Konstruktionen gewählt, die sich andernorts schon bewährt haben. Im Interesse einer raschen Verwirklichung und eines bescheidenen Aufwandes hat man sich bei diesem Unternehmen auf ein Versuchs- und

Forschungsprogramm abgestützt, welches im Vergleich mit ähnlichen ausländischen Projekten als knapp bemessen bezeichnet werden muss. Insbesondere fehlen ausgedehntere vergleichende Studien, welche eine Auswahl der optimalen Lösungen erlauben würden.

Deshalb hat die NGA Ende 1963 parallel zum Bau des Lucens-Reaktors mit Entwicklungsstudien auf breiterer Basis begonnen. Diese sollen bis Ende 1966 die Grundlagen, insbesondere ein Projekt mit einem vorläufigen Kostenvoranschlag liefern für den Bau eines Prototyp-Kernkraftwerkes, mit dessen Detailprojektierung sobald als möglich spätestens aber anfangs 1967 angefangen werden soll. Wegen Personalmangels bestehen allerdings einige Rückstände auf die geplante Marschtabelle, sodass sich zusätzliche intensive Anstrengungen zur Erreichung des gesteckten Zieles als dringlich erweisen.

Im Rahmen dieser Studien soll die in Lucens verwendete Technik weiterentwickelt und auch festgestellt werden, ob nicht zwei Varianten dieser Konzeption aussichtsreicher sind. Technisch ausgedrückt werden neben dem schwerwassermoderierten Druckrohrreaktor mit Uranmetall als Brennstoff und Kohlendioxyd als Kühlmittel auch ein Reaktor untersucht, bei dem Uranoxyd statt dem Metall als Brennstoff dient, und eine weitere Version, bei welcher ebenfalls Uranoxyd als Brennstoff verwendet wird, aber Leichtwasserdampf an die Stelle des Kohlendioxydes tritt.

Während die Lucens-Anlage vorwiegend von der Industrie und den Ingenieurbüros projektiert und gebaut wird, hat das Eidg. Institut für Reaktorforschung (EIR) in Würenlingen einen wesentlichen Teil der Studien und insbesondere manche der erforderlichen eingehenden praktischen Versuche übernommen. Innerhalb eines Jahrzehntes sind an diesem Ort mit einem Aufwand von rund Fr. 86 Mio moderne Forschungs- und Versuchseinrichtungen im Hinblick auf eine eigenständige schweizerische Reaktorentwicklung aufgebaut worden. Neben leistungsfähigen Anlagen steht auch ein gut ausgebildetes Personal von etwa 500 Mitarbeitern zur Verfügung, die zum Teil langjährige Erfahrungen in der Reaktortechnik besitzen. Im Vergleich mit ausländischen Forschungszentren mit entsprechender Zielsetzung erscheint das EIR noch als bescheiden und bedarf eines weiteren Ausbaus in den kommenden Jahren, soll es allen im Rahmen der intensivierten Anstrengungen gestellten Forderungen gerecht werden.

Die folgenden Versuchseinrichtungen stehen der schweizerischen Reaktorentwicklung heute zur Verfügung:

Vorhandene und in Ausführung begriffene Anlagen	Standort	Zweckbestimmung
<u>a) Reaktorphysik</u>		
Leichtwasserreaktor SAPHIR (Inbetriebnahme 1957)	EIR	Abschirmungsversuche; Reaktordynamik, Ausbildung von Fachleuten
Unterkritische Anlage MINOR) (Inbetriebnahme 1959)	EIR	Experimentelle Untersuchung von Brennstoffanordnungen in Schwerwassersystemen
Nullreaktivitätsexperiment	EIR	
NRE (Inbetriebnahme 1966)		
<u>b) Thermodynamik</u>		
Verschiedene Versuchskreisläufe	Industrie und EIR	Experimentelle Lösung von thermodynamischen und strömungstechnischen Problemen
<u>c) Technologie</u>		
Schwerwasserreaktor DIORIT (Inbetriebnahme 1960)	EIR	Prüfreaktor für kerntechnische Anlageteile
Verschiedene Versuchskreisläufe im Labor und in den Prüfreaktoren	Industrie EIR	Korrosionsstudien; Bestrahlungsversuche mit Brennstoffelementen und andern Reaktormaterialien
Heisses Laboratorium (Inbetriebnahme 1963)	EIR	Untersuchung der in den Reaktoren bestrahlten, hochaktiven Materialien

Wie aus dieser Zusammenstellung hervorgeht, wird ein Teil der experimentellen Arbeiten, insbesondere solche, die sich nicht mit den Wirkungen der in den Reaktoren vorhandenen Strahlungen befassen, auch in der Industrie verwirklicht. Die am Reaktorbau interessierten Firmen haben die Einrichtungen, welche für die Entwicklungsarbeiten und die Fabrikation von Reaktorkomponenten erforderlich sind, ^{und welche sie nicht mehr besaßen} hauptsächlich auf Grund der NGA-Aufträge beschafft und auch ein entsprechend ausgebildetes Personal herangezogen.

6. Die Zusammenarbeit mit dem Ausland

Die beschränkten finanziellen und personellen Mittel, welche in der Schweiz zur Verfügung stehen, gestatten es sicherlich nicht, eine Reaktorentwicklung durchzuführen, die in all ihren Teilen (z.B. Reaktor-konstruktion, Instrumentierung, Brennstofffabrikation usw.) vollkommen unabhängig ist. Die Zusammenarbeit mit dem Ausland war daher seit längerem als zwingende Notwendigkeit allgemein erkannt worden. Aus politischen und wirtschaftlichen Gründen fallen dabei nur solche Partner in Betracht, welche mit uns auf der Basis der Gleichberechtigung zusammen-zugehen bereit sind.

Die Bundesbehörden haben, sobald dies möglich wurde, Rahmenabkom-men mit fortgeschrittenen Staaten (USA, Frankreich, Kanada und Gross-britannien) abgeschlossen, welche die Grundlagen für eine noch engere, spezifische Zusammenarbeit schufen. Die NGA hat sodann mit Bundesunter-stützung Vereinbarungen mit verschiedenen staatlichen Stellen (franzö-sisches Commissariat à l'Energie Atomique, britische Atomic Energy Authority, schwedische AB Atomenergi), welche schwerwassermoderierte Reaktoren entwickeln, abgeschlossen. Ueber einen weiteren Vertrag dieser Art wird gegenwärtig mit der Atomic Energy of Canada Ltd verhandelt. Diese Abmachungen sehen zum Teil eine bezahlte Beratung der NGA, zum Teil einen intensiven gegenseitigen Austausch von Erfahrungen vor. Auf diese Weise hat die schweizerische Reaktorentwicklung bereits manche wertvollen Informationen erhalten, welche ihr umfangreiche Arbeiten erspart und sie vor kostspieligen Fehlern bewahrt haben. Insbesondere konnte so weitgehend vermieden werden, dass man in der Schweiz nochmals alles selber erforschen musste, was im Ausland schon bekannt war. Manch-mal genügt es allerdings nicht, einzig die Resultate der Untersuchungen zu kennen und Beschreibungen sowie Pläne von neuentwickelten Konstruk-tionen zu erhalten, da noch sehr viel praktische Erfahrungen erforderlich sind, bevor diese Informationen im eigenen Reaktorbau richtig verwendet werden können. In solchen Fällen muss man selber die notwendigen Ver-suchseinrichtungen aufbauen und damit Experimente ausführen.

Für einen wichtigen Teil der Reaktorentwicklung, welcher die Brennstoffelemente betrifft, hat man sich in der Schweiz weitgehend aufs Ausland abgestützt. Die erste Ladung Brennstoffelemente für das Lucens-Kernkraftwerk wird in Frankreich fabriziert, Versuchselemente sollen auch aus andern Staaten bezogen werden. Vorläufig besteht international gesehen in der Brennstoffelement-Produktion eine Ueberkapazität, sodass man in unserem Lande, in dem es ohnehin an den für den Aufbau einer solchen Aktivität notwendigen Metallurgen mangelt, auf eine eigene Anstrengung in diesem Gebiete verzichten kann. Auf lange Sicht betrachtet wäre es allerdings bedauerlich, wenn unsere Industrie kein Interesse für die Herstellung von Brennstoffelementen zeigen würde. Sobald eine Anzahl Kernkraftwerke des gleichen Typs in der Schweiz im Betriebe steht, wird die Eigenproduktion solcher Elemente wünschbar werden. Während der Lebenszeit eines Leistungsreaktors (20-30 Jahre) muss nämlich für die Fabrikation der Brennstoffelemente mit finanziellen Aufwendungen gerechnet werden, die von der gleichen Grössenordnung wie diejenigen für die nuklearen Teile der Anlage sind. Für den Aufbau einer eigenen Brennstoffproduktion wird man im gegebenen Zeitpunkt auf ausländische technische Hilfe angewiesen sein.

Andere Gebiete, auf denen wir uns auf die internationale Zusammenarbeit abstützen, sind die Entwicklung eines gasgekühlten graphitmoderierten Hochtemperaturreaktors und die Aufarbeitung gebrauchter Brennstoffelemente. Die schweizerische Beteiligung am Gemeinschaftsunternehmen Dragon der Europäischen Kernenergie-Agentur, welches mit einem Aufwand von Fr. 300 Mio die Entwicklung des vorgenannten Reaktortyps unternimmt, gestattet uns wesentliche Informationen über diesen fortschrittlichen Reaktortyp zu erhalten und einige Fachleute auszubilden, sodass uns der Weg zu einer interessanten Alternative zum Schwerwasserreaktor offen bleibt. Die in diesem Rahmen vorgesehenen Anstrengungen führen allerdings nur bis zur Stufe des Versuchsreaktors, sodass der Eigenbau eines Prototyp-Kernkraftwerkes vorgesehen werden müsste, falls man auf dieser Linie weiterschreiten möchte. Da ein solches Vorhaben schon in die Nähe einer kommerziellen Verwertung führt, wird man es nicht mehr auf multilateraler Basis ausführen können, sondern höchstens noch mit ausgewählten Partnern oder allein. In dieser Hinsicht bestehen in der Schweiz gute

Voraussetzungen, da eine Anzahl schweizerischer Fachleute in Schlüsselpositionen im Dragon-Unternehmen mitarbeiten konnten, unsere Industrie einige wichtige Komponenten für den Reaktor lieferte und zudem noch eine der so beteiligten Unternehmungen über ihre ausländische Tochtergesellschaft schon seit Jahren einen nah verwandten Reaktortyp entwickelt. Deshalb werden die Möglichkeiten, welche sich in dieser Richtung ergeben, im Rahmen der zukünftigen Pläne ernsthaft geprüft werden müssen.

Hinsichtlich der Aufarbeitung gebrauchter Brennstoffelemente, welche für die Schweiz je nach den Verhältnissen im benachbarten Ausland aktuell wird, sobald eine Anzahl von Kernkraftwerken im Betriebe steht, beschränken wir uns darauf, durch unsere Beteiligung am europäischen Gemeinschaftsunternehmen "Eurochemic" Informationen über den Bau und den Betrieb von entsprechenden Aufarbeitungsanlagen zu beschaffen. Die Erstellung eigener Einrichtungen dieser Art rechtfertigt sich sicher erst dann, wenn grössere Mengen von gebrauchten Brennstoffelementen anfallen, weil der Umgang mit diesen hochradioaktiven Materialien beträchtliche und teure fernbediente Anlagen erfordern, deren Kosten über eine möglichst umfangreiche Produktion verteilt werden sollten.

In Zukunft soll das bestehende System von internationalen Vereinbarungen weiter ausgebaut und insbesondere ein noch engeres Zusammengehen mit gleich interessierten Partnern angestrebt werden. In der sich nun schon klar abzeichnenden internationalen Konkurrenz für die Lieferung von Kernkraftwerken treten im Ausland ausserordentlich starke Konzerne auf, die erst noch mit einer grosszügigen Staatshilfe rechnen können. Deshalb werden andere am Reaktorbau interessierte Kreise wahrscheinlich nur mit Hilfe einer vernünftigen internationalen Gruppierung ihrer Kräfte gute Aussichten für eine angemessene Beteiligung am Weltmarkt haben.

Auch im Falle eines engeren Zusammenschlusses kann nicht mit einer Verminderung der finanziellen Lasten für die Schweiz gerechnet werden, da die schweizerische Reaktortechnik über selbst erarbeitete Informationen als Austauschobjekt verfügen muss, die nur im Rahmen eines ausreichend grossen Entwicklungsprogrammes beschafft werden können.

II. Die Zielsetzung für die Zukunft

1. Ein Zehnjahresprogramm für die Fortsetzung der schweizerischen Reaktorentwicklung

Alle bisherigen eigenen Studien und die uns zugänglichen ausländischen Informationen bestätigen, dass der in der Schweiz verfolgte Reaktortyp sehr entwicklungsfähig ist und gute Aussichten zur Erreichung der Wirtschaftlichkeit bietet. Es ist deshalb sinnvoll, die begonnenen Anstrengungen fortzusetzen und sogar zu intensivieren, da die grösste Gefahr, welche den Erfolg dieser Bemühungen bedroht, beim Zeitfaktor zu suchen ist. Die ausländische Reaktorentwicklung steht natürlich nicht still, sodass auch eine vielversprechende Technik sich nicht durchsetzen kann, wenn sie mangels genügender Mittel nur langsam vorwärts kommt. Obwohl bis Ende 1966 nach den neuesten Zusicherungen der Gründeraktiönäre der NGA genügend finanzielle Mittel vorhanden sind und einige Entscheidungen, welche das weitere Programm vielleicht bis zu einem gewissen Grade beeinflussen werden, erst im Laufe des nächsten Jahres gefällt werden können, müssen aus diesem Grunde heute schon die nächsten Abschnitte in der schweizerischen Reaktorentwicklung vorbereitet werden.

Die Kommission für Entwicklungsstudien der NGA, welche aus kompetenten Fachleuten der Industrie, der Elektrizitätswirtschaft, der am Reaktorbau interessierten Ingenieurbüros und des EIR besteht, hat am 26. November 1964 ein Programm vorgelegt, in welchem die für die Erreichung der wirtschaftlichen Konkurrenzfähigkeit noch erforderlichen Forschungen, Entwicklungen und Realisierungen von Prototypen in groben Zügen umschrieben sind. Dieses Programm, welches innerhalb von etwa zehn Jahren verwirklicht werden sollte, hat am 8. Dezember 1964 die Zustimmung des Verwaltungsrates der NGA erhalten. Es umfasst die folgenden Punkte:

a) Entwicklungsarbeiten.

Anschliessend an die im Rahmen der NGA unternommenen Entwicklungsstudien für drei Varianten des schwerwassermoderierten Reaktors sollen weitere Untersuchungen und Experimente ausgeführt werden, um die technischen Grundlagen für den Bau der Prototyp-Leistungsreaktoren zu sichern

und auf den jeweils neuesten Stand zu bringen. Insbesondere müssen neue Materialien untersucht, sowie Verbesserungen in der Konstruktion der Anlagen und der Brennstoffelemente ausgedacht und erprobt werden. Parallel mit der Erstellung der Prototypanlagen (siehe b) wird man ein sorgfältig ausgedachtes Versuchsprogramm, welches vor allem auch zur Ermittlung des Langzeitverhaltens die Bestrahlung von Proben und ganzen Brennstoffelementen in den Reaktoren von Würenlingen und Lucens umfasst, realisieren müssen. Auf diese Weise können z.B. zum voraus die zeitlichen Beschränkungen bei den verwendeten Materialien und Konstruktionen erkannt und nicht mehr genügende Komponenten ausgewechselt werden, bevor ein Versagen mit vielleicht schwerwiegenden Folgen eintritt. Sodann müssen die beim Bau und Betrieb der Kernkraftwerke anfallenden Erfahrungen kontinuierlich zur Verbesserung der Unterlagen für die nächstfolgenden Anlagen verwertet werden. Da die Technik im Ausland ständig weitergetrieben wird, muss man auch einen Teil der verfügbaren Kräfte für Forschungen einsetzen, welche erst auf längere Sicht zu Resultaten führen, die eine praktische Anwendung gestatten.

b) Der Bau von zwei Prototyp-Kernkraftwerken

Zur Erprobung der neuen Entwicklungen und Ideen unter realistischen Bedingungen im Gesamtverband müssen Prototyp-Kernkraftwerke gebaut werden, die so gross sind, dass ihre Charakteristiken und die Betriebsverhältnisse die Gewinnung repräsentativer Erfahrungen für entsprechende Kernkraftwerke der bei unserer Elektrizitätsversorgung dann üblichen Leistung erlauben. Experten sind der Meinung, dass zwei Prototyp-Kernkraftwerke erforderlich sind, um die Resultate der Entwicklungsarbeiten auszuwerten und einen solchen Stand in unserem Reaktorbau zu erreichen, dass dann die schweizerische Industrie selbständig Kernkraftwerke offerieren kann, welche mit den entsprechenden ausländischen Erzeugnissen konkurrenzfähig sind.

Das erste Prototyp-Kernkraftwerk soll im Anschluss an das dreijährige Entwicklungsprogramm, welches die NGA gegenwärtig bearbeitet, begonnen und etwa 1971 in Betrieb genommen werden. Dabei will man diejenige der drei Varianten eines schwerwassermoderierten Reaktors zur Ausführung bringen, welche die meisten Aussichten für eine erfolgreiche

Verwirklichung bietet. Im Hinblick darauf, dass man sich wahrscheinlich bei der Projektierung dieser Anlage auf die in Lucens, d.h. in einem relativ kleinen Werk, verwendeten Konstruktionen abstützen muss, wird man ihre Leistung nicht allzu gross bemessen wollen. Bei der Festlegung der Grösse des Reaktors wird man neben den technischen Erwägungen (repräsentative Charakteristiken für ein "normales" Kernkraftwerk) auch finanzielle Ueberlegungen und die Wünsche des späteren Betreibers (Elektrizitätswerke) berücksichtigen müssen. Falls z.B. eine leistungsfähige Anlage Kinderkrankheiten hat, erfordert die Behebung der Mängel im allgemeinen mehr Geld als bei einem kleineren Werk. Hingegen weiss man zum vornherein, dass der Preis der in einem kleinen Kernkraftwerk erzeugten Kilowattstunde immer wesentlich höher sein wird als derjenige eines grossen. Es gilt also, die grösseren Risiken gegen die verminderte Wirtschaftlichkeit abzuwägen, sodass heute die Leistung dieses ersten Prototypreaktors noch nicht angegeben werden kann.

Das zweite Prototyp-Kernkraftwerk hingegen soll auf jeden Fall in einer solchen Grösse gebaut werden, dass es in jeder Hinsicht als repräsentative Anlage für die schweizerische Elektrizitätsversorgung gelten kann. Mit anderen Worten wird es wahrscheinlich mindestens 250'000 kW(elektrisch) aufweisen. In diesem Werk sollen die Bauerfahrungen mit dem ersten Prototypreaktor und die Resultate mindestens der ersten drei bis vier Jahre des Entwicklungsprogrammes (siehe unter a), in dessen Rahmen neue Materialien und Konstruktionsverbesserungen untersucht werden sollen, verwertet werden. D.h. mit dem Detailprojekt dürfte im Verlaufe des Jahres 1970 begonnen und der eigentliche Bau im Jahre 1971 in Angriff genommen werden, sodass 1976 mit der Betriebsaufnahme gerechnet werden kann.

c) Vergleichsstudien und Arbeiten über fortgeschrittene Reaktortypen.

Die schweizerische Reaktorentwicklung muss periodisch mit dem Stand der Technik im Ausland konfrontiert werden, um einen Masstab für die eigenen Fortschritte zu erhalten und die Aussichten auf einen Erfolg beurteilen zu können. Dazu müssen ausländische Kernkraftwerksprojekte analysiert und auf schweizerische Verhältnisse übertragen werden.

Unter diesen Punkt fällt auch die Auswertung der Resultate, welche uns aus unserer Beteiligung am Dragon-Hochtemperaturreaktor zur Verfügung stehen. Falls das Personal und die Finanzen ausreichen, wird die Ausarbeitung eines Kernkraftwerkprojektes auf Grund dieser und anderer schweizerischen Firmen zur Verfügung stehender Unterlagen zu prüfen sein. Die Verwirklichung eines solchen Vorhabens sollte allerdings nur dann erfolgen, wenn dafür zusätzlich zu den bereits vorhandenen Kräften eine neue Gruppe von Fachleuten zur Verfügung stehen wird.

Sodann müssen im Rahmen des Ausbaus der schweizerischen Kerntechnik mindestens einige wenige Fachleute allmählich für vorbereitende Studien von Reaktortypen, die auf längere Sicht von Bedeutung werden könnten, d.h. vor allem von Brutreaktoren, freigesetzt werden. Die Beschränktheit der verfügbaren Mittel erlaubt es uns jedoch nicht, in den nächsten Jahren in dieser Richtung eine eigentliche Entwicklung aufzuziehen.

2. Der finanzielle Aufwand für dieses Programm

Die heute zur Verfügung stehenden Unterlagen erlauben nur eine grobe Schätzung der finanziellen Mittel, welche für die Verwirklichung des skizzierten Zehnjahresprogrammes eingesetzt werden müssen. Dabei kann man sich allerdings auf Erfahrungszahlen bei ähnlichen ausländischen Entwicklungen (z.B. Kanada, Deutschland, Schweden) stützen. Auf dieser Grundlage erhält man die folgenden ungefähren Globalaufwendungen:

a) Entwicklungsarbeiten.

Für das Jahr 1965 sind im Rahmen der NGA Entwicklungsstudien im Gesamtbetrage von Fr. 9 Mio vorgesehen. Mit der Beendigung der Projektierungsarbeiten für das Lucens-Kraftwerk und auf Grund der gegenwärtigen Rekrutierungsanstrengungen sollten noch mehr Fachleute für die Ausführung der unter diesem Titel vorgesehenen Arbeiten verfügbar werden, sodass mit einem raschen Ansteigen der Aufwendungen gerechnet werden muss. Vergleiche mit ausländischen Zehnjahresprogrammen (im amerikanischen Zehnjahresprogramm vom Jahre 1959 wurden \$ 80 Mio für ein Forschungs- und Entwicklungsprogramm zur Erreichung der Wirtschaftlichkeit des schwerwassermoderierten Natururanreaktors vorgeschlagen) zeigen, dass mindestens Fr. 200 Mio für Entwicklungsarbeiten

zur Bewältigung der vorgehend skizzierten Aufgaben vorgesehen werden müssen, d.h. im Durchschnitt Fr. 20 Mio pro Jahr.

b) Prototyp-Kraftwerke.

Eine Anzahl von Elektrizitätswerken haben sich heute schon bereit erklärt, den Bau und den Betrieb der beiden Prototyp-Kraftwerke unter gewissen Bedingungen zu übernehmen. Sie möchten aber ihre Aufwendungen für diese Anlagen so beschränken, dass ihnen die Kilowattstunde, welche aus diesen Werken stammt, innerhalb einer zumutbaren Toleranzgrenze etwa gleich teuer wie diejenige aus einem modernen thermischen Kraftwerk zu stehen kommt, das die dann in der schweizerischen Elektrizitätswirtschaft übliche Grösse hat. Sodann verlangen sie die Zusicherung der gleichen Garantien hinsichtlich der Erreichung der vorgesehenen Leistungen, der Verfügbarkeit des Werkes und der Energieproduktion aus dem eingesetzten Brennstoff wie diejenigen, welche sie bei ausländischen Kernkraftwerken erhalten könnten. Diese Forderungen können nur dann erfüllt werden, wenn von anderer Seite zum vornherein ein erheblicher Beitrag an die Baukosten des nuklearen Teiles dieser Werke zugesichert und zusätzlich der Industrie unter Abzug eines angemessenen Selbstbehaltes eine Rückversicherung gegeben wird, falls Schwierigkeiten infolge der Neuheit der Technik auftreten, die Garantieleistungen erfordern, welche die Finanzkraft der ausführenden Unternehmungen übersteigen.

Ueberschlagsmässige Schätzungen ergeben, dass die für die Verwirklichung der beiden Prototyp-Kraftwerke notwendigen Zuschüsse je auf Fr. 50 - 100 Mio zu stehen kommen dürften. Möglicherweise wird der feste Beitrag beim zweiten Prototyp-Kraftwerk nicht so gross sein wie beim ersten, da es abgesehen von den zusätzlichen Kosten, mit denen bei einer Erstausführung zu rechnen ist, einen wirtschaftlichen Betrieb gestatten sollte. Die höhere Leistung wird jedoch zu grösseren Garantiesummen führen. Um eine Vorstellung über die Grössenordnung dieser Beiträge zu geben, kann erwähnt werden, dass die deutsche Bundesregierung für das Kernkraftwerk Gundremmingen von 240'000 kW(elektrisch) eine Ausfallgarantie von höchstens 100 Mio DM zugesichert hat.

- c) Vergleichsstudien und Arbeiten über fortgeschrittene Reaktortypen.
Die Ausarbeitung eines ganzen Projektes erfordert nach ausländischen Erfahrungen etwa Fr. 20 Mio. Für diese und andere Arbeiten mit langfristiger Zielsetzung sollten in den nächsten zehn Jahren etwa Fr. 50 Mio vorgesehen werden.

Zusammenfassend ergibt sich grössenordnungsmässig der folgende Gesamtaufwand (in Mio Fr.):

- Entwicklungsarbeiten	200
- Prototyp-Kraftwerke	100 - 200
- Vergleichsstudien und andere Reaktortypen	<u>50</u>
Total	<u>350 - 450</u>

III. Die Finanzierung und Organisation der schweizerischen Reaktorentwicklung

1. Die bisherige Organisation und Finanzierung, sowie die heutige Lage

Die schweizerischen Anstrengungen auf dem Gebiete der Reaktor-technik begannen schon kurz nach dem zweiten Weltkrieg. Sie wurden aber durch die damalige strikte Geheimhaltungspolitik der Atommächte wesentlich behindert. Erst 1954 ermöglichte eine Aenderung der amerikanischen Gesetzgebung, die freie Entfaltung der zivilen Reaktorentwicklung. Im Frühjahr 1955 schritten die interessierten Industriekreise der Schweiz zur Gründung der Reaktor AG, welche mit Unterstützung weiter Kreise der Wirtschaft in Würenlingen die für einen eigenen Beitrag an die Kern-technik notwendigen Forschungs- und Versuchseinrichtungen aufbauen sollte. Der Ausbau und der Betrieb dieser Anlagen erforderten solche Aufwendungen, dass der Bund, welcher sich anfänglich nur minderheitlich beteiligt hatte, bald die ganze finanzielle Last übernehmen musste. Deshalb wurde die Uebertragung der Einrichtungen in Würenlingen an eine neu zu gründende Annexanstalt der Eidg. Technischen Hochschule, das

Eidg. Institut für Reaktorforschung, vereinbart und 1960 vollzogen.

Für den Bau von Leistungsreaktoren wurde erkannt, dass ein gewisser Zusammenschluss der interessierten Unternehmungen erforderlich war. Es bildeten sich aber im Verlaufe der Jahre 1956 und 1957 nicht weniger als drei Gruppen, das Konsortium für den Bau eines Versuchsatomkraftwerkes, die Energie Nucléaire SA (ENUSA) und die Suisatom SA, welche je ein kleines Kernkraftwerk bauen wollten. Alle gelangten zunächst an den Bundesrat mit Gesuchen um finanzielle Hilfe, wobei allerdings die Suisatom, die einen erhöhten SBB-Beitrag in Aussicht hatte, in der Folge ihr Begehren zurückzog. Das Parlament gewährte am 15. März 1960 für den Bau und Experimentalbetrieb von Versuchsleistungsreaktoren einen Kredit von Fr. 50 Mio, dessen Verwendung an die Bedingung geknüpft wurde, dass die Bundeshilfe maximal die Hälfte der Gesamtkosten ausmachen und nur über eine nationale Organisation ausgerichtet werden sollte, welche allen interessierten Kreisen offen zu stehen hätte. Die Gründung dieser vom Bundesrat gewünschten Organisation, die für die zweckmässige Verwendung der Mittel, sowie die technische Zusammenarbeit der beteiligten Unternehmungen verantwortlich ist, wurde wegen der Schwierigkeiten, die erforderlichen privaten finanziellen Beiträge zu finden, verzögert und konnte erst im Juli 1961 vollzogen werden. In jenem Zeitpunkt war man in weiten Kreisen der Auffassung, dass für die industrielle Reaktorentwicklung eine vorübergehende subsidiäre Bundesunterstützung genüge, um die in diesem Rahmen entstehende industrielle Tätigkeit soweit selbsttragend zu machen, dass sie ohne Staatshilfe die weitere Verbesserung der Technik durchführen könne. Entsprechend dieser Konzeption beanspruchte die Wirtschaft die Führung in der Reaktorentwicklung und die weitgehende Selbstverwaltung der Mittel, welche von Bünd, Kantonen und Gemeinden für diesen Zweck zur Verfügung gestellt wurden. Der Bund, welcher von Anfang an die Hälfte der Aufwendungen der NGA zu gleichen Teilen in Form von Darlehen und à fond perdu-Beiträgen übernahm und zudem noch die Aufträge an das EIR nur zu 35% der Selbstkosten verrechnet, besitzt keine Aktien dieser Gesellschaft, und nur drei von 22 Mitgliedern des Verwaltungsrates werden von ihm bestimmt.

Entsprechend ihren Statuten, welche die Förderung des Baues und der Erprobung von Leistungsreaktoren und von Versuchsatomkraftwerken

schweizerischer Konstruktion als Gesellschaftszweck vorsehen, organisierte sich die NGA anfänglich nur soweit, als es erforderlich war, um ihrer Aufgabe als Bauherr des Versuchs-Kernkraftwerkes Lucens gerecht zu werden. Dabei glaubte man auf eine vollamtliche Direktion verzichten zu können und betraute statt dessen verschiedene Kommissionen mit der Führung der Geschäfte. Den Auftrag für die Projektierung, Bauleitung und Erprobung des Werkes Lucens, dessen Erstellung im Juli 1962 begonnen wurde, erhielt eine dafür eigens geschaffene Arbeitsgemeinschaft Lucens, bestehend aus dem NGA-Gründeraktionär Therm-Atom AG und drei beratenden Ingenieurbüros. Die Leitung dieser einfachen Gesellschaft liegt bei einem Vorstand, dessen Mitglieder nebenamtlich ihre Funktionen erfüllen. Die Therm-Atom AG, welche aus dem früheren Konsortium für den Bau eines Versuchsatomkraftwerkes unter Einbezug der an der ENUSA beteiligten westschweizerischen Industrieunternehmungen gebildet wurde und 21 am Kernreaktorbau direkt interessierte Firmen umfasst, besitzt bis heute keinen eigenen Mitarbeiterstab, sondern stützt sich auf das Personal ihrer Mitglieder ab, welches ihr für kürzere oder längere Zeit teilzeitig oder ganz zur Verfügung gestellt wird. Im Herbst 1962 wurde die Kommission für Entwicklungsstudien (EK) der NGA gegründet, welche sich als beratende Instanz mit den Studien und Forschungen zur Weiterentwicklung der in Lucens verwendeten Technik und mit vergleichenden Untersuchungen über ausländische Reaktortypen befasst. Während das erste Rahmenprogramm der NGA für solche Arbeiten während drei Jahren nur Aufwendungen von Fr. 3,5 - 4 Mio vorsah, wurde erkannt, dass angesichts der raschen ausländischen Fortschritte wesentlich grössere Anstrengungen erforderlich sind. Auf Vorschlag der EK genehmigte der Verwaltungsrat der NGA im Herbst 1963 ein neues Programm für Entwicklungsstudien bis Ende 1966 im Umfange von Fr. 38,6 Mio, das nachträglich um 3 Mio verringert wurde, wobei wegen des reduzierten Verrechnungstarifes des EIR nur Fr. 24 Mio von der NGA zu tragen sind.

Rückblickend muss festgestellt werden, dass man, um einen Zusammenschluss der verschiedenen Gruppen zu erreichen, in der NGA gezwungen war, Organisationsformen zu wählen, die es breiten Kreisen ermöglichten, an den Arbeiten in diesem Unternehmen teilzunehmen oder diese zu verfolgen. In diesem Rahmen wurde trotz seiner Unzulänglichkeiten dank der grossen

Anstrengungen aller Beteiligten viel Positives geleistet und die schweizerische Reaktortechnik wesentlich vorwärts gebracht. Die Verwendung von Kommissionen mit ausschliesslich nebenamtlichen Mitgliedern für Aufgaben, die sonst - insbesondere im Ausland - von vollamtlichen Direktionen betreut werden, weist aber manche Nachteile auf, speziell hinsichtlich der Festlegung der Verantwortlichkeiten und der Kontinuität in der Leitung und Ueberwachung der Arbeiten. Sodann wird das heutige NGA-System auch durch die Tatsache erschwert, dass die Reaktortechnik ein schwieriges, komplexes und sich rasch entwickelndes Gebiet ist, sodass eine ständige intensive Beschäftigung mit ihm für eine kompetente Beurteilung mancher der gestellten Probleme notwendig ist.

Die bisherigen Erfahrungen haben ferner gezeigt, dass eine Reaktorentwicklung, welche sich im wesentlichen auf den Bau von einigen Versuchs- und Prototyp-Kraftwerken beschränkt, sehr teuer ist und zu langsame Fortschritte gestattet, da die Erstellung solcher Anlagen von einem gewissen Zeitpunkt an während Jahren das Festhalten an einem gewissen Stand der Technik erfordert. Deshalb stellen alle auf diesem Gebiet erfolgreichen Staaten langfristige Entwicklungsprogramme in den Vordergrund, aus welchen von Zeit zu Zeit die Unterlagen für den Bau von Prototyp-Kraftwerken abgezweigt werden. Das von der NGA kürzlich genehmigte Zehnjahresprogramm (Abschnitt II. 1) entspricht dieser Konzeption. Für seine Ausführung muss aber noch eine angemessene Organisation geschaffen werden.

Die Wirtschaft mit Einschluss einiger westschweizerischer Kantone und Gemeinwesen sowie der Schweiz. Bundesbahnen hat bis heute für die Schweiz ansehnliche finanzielle Beiträge an die schweizerische Reaktorentwicklung geleistet. Ueber ihre Höhe gibt die folgende Tabelle Auskunft:

Reaktor AG	ca.	22	Mio Fr.
NGA		29	" "
Finanzierung von Projektstudien	ca.	3	" "
Beiträge an internationale Unternehmungen (Dragon, Halden und Eurochemic)		1,8	" "
		<u>ca. 55,8</u>	<u>Mio Fr.</u>

Bis Ende 1966 werden sie sich auf ca. Fr. 82 Mio erhöhen. Ihnen stehen die folgenden Aufwendungen des Bundes gegenüber:

Eidg. Institut für Reaktorforschung (inkl. Beiträge an Reaktor AG)	133,4 Mio Fr.
NGA	29 " "
Internationale Beteiligungen	20,1 " "
	<hr/>
	182,5 Mio Fr.

Dabei wurden die Aufwendungen für die Grundlagenforschung (rund ¹¹⁴Fr. ~~91~~ Mio) nicht berücksichtigt. Bis Ende 1966 wird der Bund seinerseits ca. Fr. 262 Mio für die Entwicklung der Atomenergie ohne Grundlagenforschung ausgegeben haben.

Die Beschaffung der Mittel im Rahmen der NGA bereitete von Anfang an grosse Schwierigkeiten. Die verschiedenen Finanzierungsaktionen blieben leider jedesmal etwas unter den gesteckten Zielen und erforderten einen ausserordentlichen Aufwand an Zeit und Geduld. Die Elektrizitätswerke haben nur unter der Bedingung, dass sie in Zukunft nicht mehr zu finanziellen Leistungen zugunsten weiterer Entwicklungsprogramme angehalten werden, die erforderlichen Beiträge zur Sicherstellung der Durchführung im Rahmen der NGA begonnenen Vorhaben versprochen. Die in der Therm-Atom AG zusammengeschlossenen Firmen haben ihrerseits öffentlich erklärt, dass sie wohl die Fortsetzung der schweizerischen Reaktorentwicklung als dringlich erachten, jedoch könne die Privatwirtschaft die Kosten für die Anstrengungen auf diesem Gebiet nicht mehr im gleichen Ausmass wie bisher tragen. Deshalb fordern sie, dass der Bund die entsprechenden finanziellen Lasten in Zukunft im wesentlichen übernehme. Solange die schweizerische Reaktorentwicklung nicht auf langfristiger Basis sichergestellt ist, werden nach Auffassung der an einem eigenständigen Reaktorbau interessierten Kreise die dringend benötigten zusätzlichen Kräfte nicht ausreichend rekrutiert werden können, und es droht sogar eine Abwanderung der vorhandenen Fachleute.

2. Vergleiche mit dem Ausland

In der heutigen Situation werden auch immer wieder Vergleiche mit dem Ausland angestellt, um einerseits nachzuweisen, dass die schweizerischen Aufwendungen für die Reaktorentwicklung auch relativ gesehen nicht sehr gross sind und dies auch in Zukunft bleiben werden, andererseits

zu zeigen, dass der Staat andernorts absolut und proportional gemessen wesentlich mehr leistet. Bei solchen Betrachtungen muss allerdings berücksichtigt werden, dass in andern Ländern der Regierung wesentlich höhere Steuereinkünfte zufließen und dass die grossen staatlichen Beiträge gewöhnlich mit weitgehenden gesetzlichen und anderen Kompetenzen des Staates auf dem Gebiete der Reaktorentwicklung und der Erstellung von Kernkraftwerken parallel gehen.

Nimmt man an, dass die in Abschnitt II.2 geschätzten Kosten für die Verwirklichung des Zehnjahresprogrammes vom Bunde allein übernommen werden und fügt man diesen den jährlichen Aufwand für den Betrieb und Ausbau des EIR und die internationale Zusammenarbeit in der Reaktortechnik hinzu (ca. Fr. 25 Mio/Jahr), so ergibt sich daraus im Durchschnitt eine jährliche Belastung von Fr. 60 - 70 Mio, d.h. pro Kopf der Bevölkerung würden ca. Fr. 11 - 13 jährlich eingesetzt. Zum Vergleich kann angeführt werden, dass im Finanzjahr 1965-66 die mit der Reaktorentwicklung betraute schwedische, staatliche AB Atomenergi Fr. 87 Mio für Forschungen, Entwicklungen und Betrieb der Anlagen sowie Fr. 83 Mio für den Bau eines Prototyp-Kraftwerkes erhält, d.h. in diesem Lande werden für solche Zwecke Fr. 23 pro Kopf der Bevölkerung und Jahr ausgegeben.

In Kanada beliefen sich die Aufwendungen für die staatliche Gesellschaft "Atomic Energy of Canada Ltd", welche die kanadische Reaktorentwicklung leitet, im Finanzjahr 1963/64 auf Fr. 180 Mio für Forschungen, Entwicklungen und Betrieb der Anlagen, sowie auf ca. Fr. 50 Mio für den Bau eines Prototyp-Kernkraftwerkes. Umgerechnet auf den Kopf der Bevölkerung macht dies Fr. 13 pro Jahr aus.

Die Grossmächte USA, Grossbritannien, Frankreich geben pro Kopf der Bevölkerung auf diesem Gebiete noch wesentlich mehr aus.

Im gesamten gesehen bleibt die Schweiz, auch wenn dieses erweiterte Programm verwirklicht wird, tatsächlich noch eher an der unteren Grenze der finanziellen Leistungen, welche moderne Industriestaaten für die Reaktorentwicklung aufbringen.

In organisatorischer Hinsicht bestehen in allen in der Reaktortechnik fortgeschrittenen Ländern staatliche Organisationen, die für die

Koordination der Anstrengungen auf diesem Gebiete im Rahmen langfristiger Programme verantwortlich sind, und insbesondere für den rationellen Einsatz der öffentlichen Mittel für Arbeiten in der Industrie und in eigenen Anlagen zu sorgen haben. Solche Organisationen besitzen gewöhnlich eine weitgehende Autonomie, um ihnen die für ein solches Unternehmen notwendige Beweglichkeit sicherzustellen. Die Atomic Energy of Canada Ltd. und die schwedische AB Atomenergie, sowie die britische Atomic Energy Authority sind typische Beispiele. Bezeichnenderweise sind alle ausländischen Partner, mit welchen die NGA Vereinbarungen über eine Beratung oder Zusammenarbeit getroffen hat, staatliche Organisationen.

Auch auf der industriellen Seite hat das Ausland andere Organisationsformen gewählt als die schweizerische Wirtschaft. Die am eigenen Reaktorbau interessierten Firmen haben gewöhnlich je nach ihrem Potential allein oder gemeinsam Reaktorabteilungen oder -gesellschaften gegründet, die über eine ansehnliche Zahl von eigenen vollzeitlich beschäftigten Fachleuten verfügen.

Natürlich müssen für die Schweiz unseren besonderen Verhältnissen angepasste Lösungen gesucht werden, die jedoch unsere Konkurrenzfähigkeit gewährleisten und ein rasches Aufholen des bestehenden Rückstandes ermöglichen sollten.

3. Die Alternativen für die Zukunft

Das Begehren der Therm-Atom und anderer Industriekreise, dass der Bund im wesentlichen die Finanzierung der schweizerischen Reaktorentwicklung übernehmen soll, bricht entscheidend mit den Traditionen der schweizerischen Wirtschaft, die ihre bisherigen industriellen Entwicklungen ohne Bundeshilfe bewerkstelligt hat. Man muss allerdings anerkennen, dass die Förderung selbst einer einzigen Reaktorvariante bis zur Industriereife um eine Grössenordnung mehr Aufwendungen verlangt, als sie bei anderen in unserem Lande entwickelten Industrieprodukten erforderlich waren. Zudem sind aus politischen und wirtschaftlichen Prestigeüberlegungen praktisch in allen grossen Industrienationen die Anstrengungen für die Reaktortechnik mindestens vorläufig nicht der finanziellen Leistungsfähigkeit der direkt interessierten Unternehmungen angepasst, sondern die Regierungen

stellen grosszügige Kredite zur Verfügung, die ein rascheres Vorwärtskommen sichern. Damit steht die schweizerische Industrie vor einer verschobenen Ausgangslage, für deren Bewältigung sie eine der folgenden Alternativen wählen muss:

1. Alternative:

Situation

An und für sich könnte man mit dieser/ohne eine sehr weitgehende Bundesintervention fertig werden, wenn eine freiwillige Solidarität aller Zweige der Wirtschaft wirksam wäre. Das würde jedoch bedingen, dass sich Kreise, welche nicht unmittelbar aus einer eigenständigen Reaktortechnik einen Nutzen ziehen, ohne staatlichen Zwang zu regelmässigen finanziellen Spenden für die Unterstützung der industriellen Reaktorentwicklung bis zur Erreichung der Industriereife entschliessen könnten. Das in der NGA versuchte System der ad hoc-Finanzierungsaktionen auf freiwilliger Basis ist hingegen so unsicher und unzureichend, dass auf diese Weise sicher nicht weitergefahren werden kann. Es erhebt sich deshalb die Gewissensfrage, ob die Wirtschaft bereit ist, bindende Zusicherungen für die Uebernahme eines wesentlichen Teiles der Kosten für das beschriebene, technisch und wirtschaftlich vertretbare Zehnjahresprogramm abzugeben. Nur in diesem Falle kann der Bund die Verantwortung übernehmen, die bisherige Kompetenzenverteilung beizubehalten und der Industrie ein wesentliches Mitbestimmungsrecht hinsichtlich der Verwendung der verfügbaren Mittel einzuräumen. Dabei wird von der Voraussetzung ausgegangen, dass der geleistete Beitrag dem Bunde nicht einfach nachträglich im Rahmen der Verrechnung von Entwicklungs- und Bauaufträgen für Prototyp-Kernkraftwerke, womöglich noch mit Zins, wieder abverlangt wird. Der Bund muss eine Bevorschussung ablehnen, die dem Geldgeber weitgehende Vorteile und Privilegien verschafft. Um diese Gefahr zum vornherein auszuschliessen, sollte die Beteiligung der Wirtschaft mindestens 30% der gesamten notwendigen Aufwendungen von Fr. 350 - 450 Mio für das Zehnjahresprogramm ausmachen. Ein solches Opfer würde auch einigermaßen als selbsttätige Bremse bei allzu grossen Begehren an die Bundeskasse wirken. Dieser Regelmechanismus wäre angesichts der Tatsache, dass die an der Reaktortechnik direkt interessierten Kreise beim Fortbestehen der heutigen Organisation gleichzeitig als Auftraggeber und Auftragnehmer auftreten, unerlässlich.

Wenn im Rahmen dieser Alternative die interessierten Kreise die NGA in ihrer zentralen Rolle beibehalten möchten, wäre eine auch von den

verantwortlichen Stellen dieser Unternehmung vorgeschlagene grundlegende Umgestaltung ihrer Organisation die Voraussetzung für weitere Bundesbeiträge an sie.

2. Alternative:

Falls den ausländischen Beispielen folgend die Mehrheit der verantwortlichen wirtschaftlichen Kreise eine freiwillige regelmässige direkte Beitragsleistung an die industrielle Reaktorentwicklung ablehnen und stattdessen wünscht, dass der Bund die entsprechende finanzielle Hauptlast trägt, so ergeben sich daraus notwendig einige Konsequenzen hinsichtlich der Organisation, denn dann müssten vom Bund eingesetzte Organe einen wesentlichen Teil der Verantwortung für diese Entwicklung tragen. Natürlich müsste das zur Ausführung gelangende Programm so angelegt sein, dass sich die interessierte Industrie mit ihm identifizieren und später die erhaltenen Resultate selbständig kommerziell verwenden könnte. Deshalb würde ihr ein massgebendes Mitspracherecht bei der Ausarbeitung der detaillierten Programme eingeräumt. Ebenso würde bei der tatsächlichen Ausführung der Arbeiten das verfügbare Potential der privaten Unternehmungen und des Reaktorinstitutes in Würenlingen wie bisher herangezogen werden, d.h. das EIR würde keine Aufgaben, die in das Gebiet der Fabrikation oder Detailkonstruktion gehen, übernehmen. Mit andern Worten würde die Rollenverteilung in dieser Hinsicht so vorgenommen werden, dass die Industrie nach der Realisierung des Entwicklungsprogrammes selbständig Kernkraftwerke offerieren und bauen könnte. Der Einfluss des Bundes beschränkte sich auf die zehnjährige Entwicklungsperiode, während welcher als oberste Instanz das Parlament und der Bundesrat über die allgemeinen Programme und die Erteilung der entsprechenden Kredite entscheiden würden. Wenn die Industrie keinen ins Gewicht fallenden Beitrag an die Reaktorentwicklung mehr leisten würde und man auf Grund der Erfahrungen mit dem Selbstkostenprinzip im Rahmen der NGA entsprechend den allgemein geäusserten Wünschen auf diese Verrechnungsart verzichten würde, könnte den am Reaktorbau interessierten Unternehmungen kein wesentliches Mitbestimmungsrecht bei der Verteilung und Ueberwachung der Verwendung der Bundesmittel eingeräumt werden.

4. Vorschläge für eine Nachfolgeorganisation der NGA, falls der Bund im wesentlichen die schweizerische Reaktorentwicklung finanzieren muss

Eine im wesentlichen staatliche Finanzierung der Reaktorentwicklung erfordert eine solche Umstellung in den bisherigen Verhältnissen, dass die Schaffung einer neuen Organisation, welche an die Stelle der NGA treten und ihre weiterbestehenden Verpflichtungen übernehmen würde, am zweckmässigsten wäre. Um eine klare Vorstellung über ihre Form zu geben, soll sie im Folgenden etwas eingehender umschrieben werden.

a) Die Anforderungen an eine solche Organisation

Auf Grund der vorausgehenden Betrachtungen und der bisherigen Erfahrungen in der Reaktorentwicklung im In- und Ausland muss die Neuorganisation den folgenden Grundprinzipien gerecht werden:

- Die Bundesunterstützung für die Reaktorentwicklung geschieht im Interesse der Industrie; der Bund wird abgesehen von den SBB keine Kraftwerke bauen und betreiben. Die interessierten Unternehmungen erhalten deshalb ein Mitspracherecht bei der Gestaltung der entsprechenden Programme.
- Auftraggeber und Auftragnehmer müssen jedoch sauber getrennt sein.
- Bundesrat und Parlament müssen die für die Verteilung der Bundesmittel verantwortliche Stelle beaufsichtigen können und entsprechende Kompetenzen besitzen.
- Alle wesentlichen wissenschaftlichen, technischen und kommerziellen Gesichtspunkte müssen in der Organisation integriert sein.
- Ihre Struktur soll Gewähr für sachgerechte, von Sonderinteressen freie Entscheidungen bieten.
- Die enge Zusammenarbeit mit der Industrie erfordert eine Organisationsform, die gleiche Möglichkeiten in der Handlungsfähigkeit verschafft, wie sie private Unternehmungen besitzen. Sie muss beweglich und anpassungsfähig sein.
- Die Organisation muss in der Direktion über einen vollamtlichen, fachlich kompetenten Führungsstab verfügen.

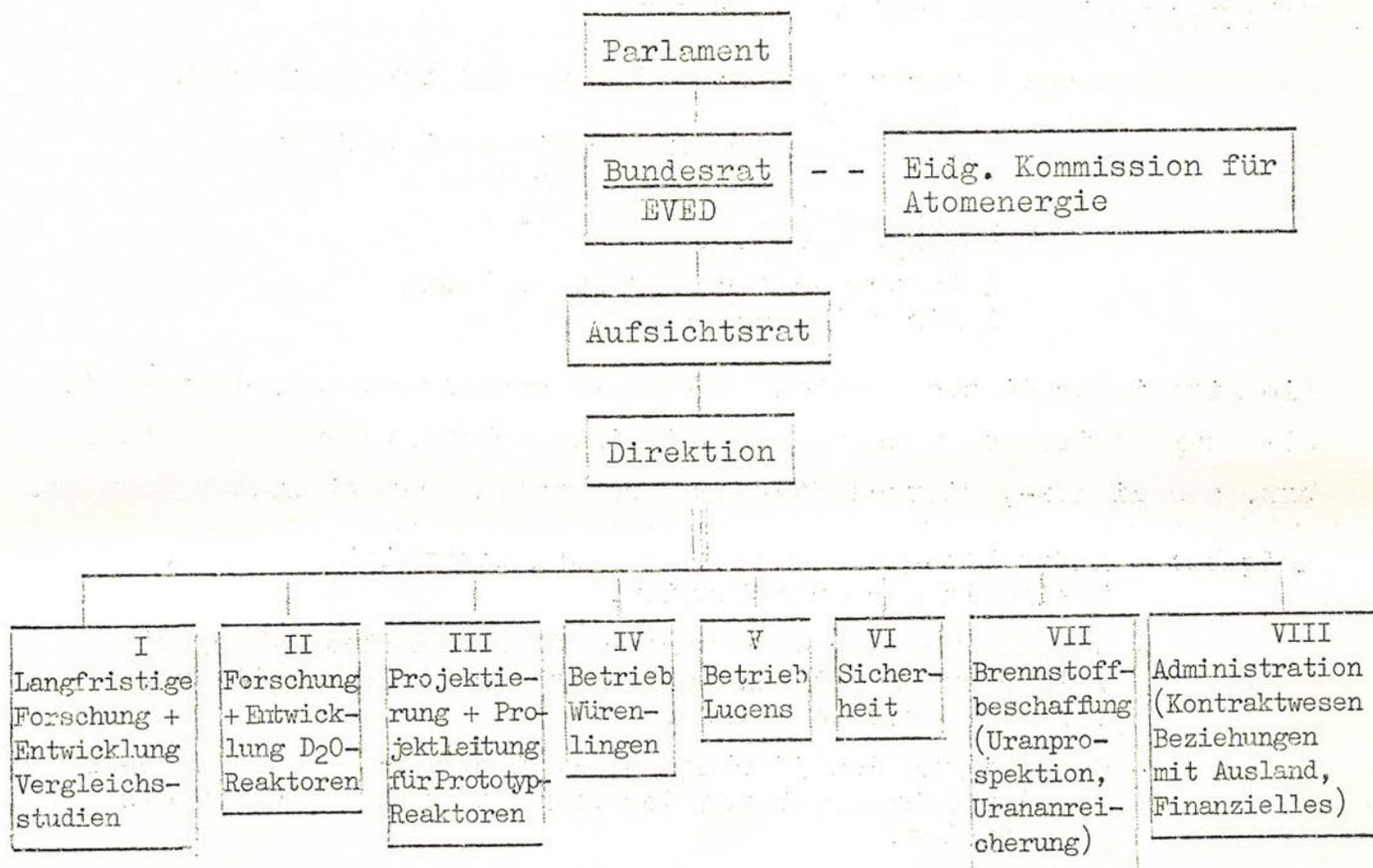
Aus diesen Forderungen folgt eindeutig, dass die Verantwortung für die mit Bundesmitteln unterstützte Reaktorentwicklung nicht einfach einem amtlichen Organ übertragen werden kann, sondern dass eine Organisation mit einer gewissen Autonomie gefunden werden muss. Diese Bedingung kann z.B. durch eine durch öffentliches Recht zu schaffende und den Bedürfnissen entsprechend ausgestaltete Trägerorganisation erfüllt werden.

Die Aufgaben dieser Organisation können wie folgt umschrieben werden:

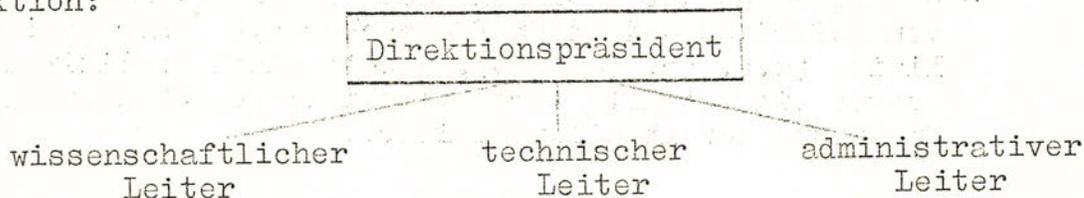
- a) Die Planung im Rahmen des Zehnjahresprogrammes inkl. Budgets.
- b) Organisation und Leitung der notwendigen Entwicklungsarbeiten im Rahmen der bewilligten Kredite.
- c) Projektierung des nuklearen Teils von Prototyp-Kernkraftwerken in Zusammenarbeit mit den Elektrizitätswerken und der Industrie.
- d) Einsatz und Ausbau der Anlagen in Würenlingen und Lucens.
- e) Vergebung und Ueberwachung der einschlägigen Arbeiten des Entwicklungsprogrammes und - soweit von der Entwicklung aus erforderlich - der Aufträge für Detailprojektierung und Lieferungen nuklear bedingter Komponenten der Prototyp-Kernkraftwerke an Industrie und Ingenieurbüros.
- f) Koordinierung und Verwertung der Zusammenarbeit mit ausländischen, am Reaktorbau interessierten Stellen.

b. Ihr Aufbau und ihre Gremien

Der Aufbau der Nachfolgeorganisation der NGA, deren Gründung durch die vollständige Integration des EIR wesentlich erleichtert wird, und ihre Unterstellung unter Bundesrat und Parlament kann am übersichtlichsten durch ein Organigramm skizziert werden:



Direktion:



Zu den einzelnen Gremien sind die folgenden Bemerkungen zu machen:

- Eidg. Kommission für Atomenergie wird vom Bundesrat ernannt und ersetzt in geänderter Form das heute bestehende Organ. Sie bildet die wirtschaftspolitische Diskussionsplattform, welche die Probleme auf dem Gebiete der Atomenergie erörtert und den Bundesrat berät.

- Aufsichtsrat wird vom Bundesrat ernannt.

Zusammensetzung: 2 Vertreter der am Reaktorbau interessierten Industrie
 2 Vertreter der Elektrizitätswirtschaft
 1 Vertreter der Ingenieurbüros
 2 unabhängige Parlamentarier
 1 Hochschulvertreter
 2 Vertreter der Bundesverwaltung
 1 Direktionspräsident

Die Mitglieder dieses Gremiums sollen so gewählt werden, dass es je etwa zur Hälfte aus technischen und wissenschaftlichen Fachleuten, bzw. aus Finanz-, Wirtschafts- und Organisationspezialisten besteht.

Aufgabe: - Aufstellung von Grundsätzen und Richtlinien für die Tätigkeit der Organisation.

- Genehmigung der Gesamtprogramme und Prototyp-Projekte, welche Bundesrat und Parlament zur Kreditbewilligung vorgelegt werden sollen.

- Genehmigung des jährlichen Arbeitsprogramms und Budgets und der Jahresrechnung der Organisation zu Händen des Bundesrates.

- Genehmigung von Vereinbarungen mit ausländischen Organisationen zu Händen des Bundesrates.

- Ueberwachung der Tätigkeit der Organisation (Genehmigung von Aufträgen und Anschaffungen oberhalb einer gewissen Limite (z.B. Fr. 300'000), soweit nicht explizit im Budget eingestellt; Personalpolitik; Genehmigung der Ernennung der Abteilungsleiter).

- Direktion vollamtlich, mit Sitz in Würenlingen.

Direktionspräsident und die drei Leiter werden nach Konsultation des Aufsichtsrates vom Bundesrat ernannt.

- Aufgabe:
- Vorbereitung der Programme im Einvernehmen mit der Industrie und den Ingenieurbüros.
 - Ausarbeitung der jährlichen Arbeitsprogramme und Budgets.
 - Leitung der Ausführung der im Arbeitsprogramm und im Budget vorgesehenen Arbeiten.
 - Vorbereitung, Vergebung und Ueberwachung von Aufträgen an Aussenstehende (Industrie, Ingenieurbüros) innerhalb des Budgets und gewisser finanzieller Limiten.
 - Vorbereitung und Abschluss von Vereinbarungen mit ausländischen Organisationen.
 - Anstellung und Beförderung von Personal, insbesondere der Abteilungsleiter.
 - Andere vom Aufsichtsrat überbundene Aufgaben.

Jeder Leiter ist entsprechend seinen Fähigkeiten, Erfahrungen und Kenntnissen für eine Anzahl Abteilungen verantwortlich.

- Abteilungen (Abteilungsleiter werden aus dem EIR, den Ingenieurbüros und der Industrie -- in letzteren beiden Fällen ist eine Beurlaubung für mehrere Jahre Bedingung - rekrutiert.)
 - I Langfristige Forschung: Gasgekühlte Hochtemperatur-Reaktoren, Brutreaktoren, Vergleichsstudien mit andern Reaktortypen, Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Kernkraftwerken.
 - II Forschung und Entwicklung D₂O-Reaktoren: Studien und Experimente zur Entwicklung des schweizerischen schwerwassermoderierten Reaktors.
 - III Projektierung und Projektleitung für Prototyp-Reaktoren: Ausarbeitung der Vorprojekte und Leitung der Projektarbeiten für die Prototyp-Reaktoren. Spezifikation und technische Beaufsichtigung (soweit dies zur Sicherstellung des engen Kontaktes mit der Entwicklung erforderlich ist) von Entwicklungs-, Projektierungs- und Fabrikationsaufträgen an Industriefirmen und Ingenieurbüros.
 - IV Betrieb Würenlingen: Betrieb, Ausbau und Unterhalt der Anlagen und Forschungseinrichtungen in Würenlingen.

- V Betrieb Lucens: Falls die Elektrizitätswerke nicht bereit sind, diese Anlage wie ursprünglich vorgesehen zu übernehmen, sollte sie zweckmässigerweise von der neuen Organisation als Versuchseinrichtung betrieben und unterhalten werden.
- VI Sicherheit: Zuständig für Strahlenschutz und nukleare Sicherheit in der ganzen Organisation.
- VII Brennstoffbeschaffung: Koordinationsstelle für die schweizerischen Vorhaben zur Erschürfung bekannter Uranvorkommen und die Uranprospektion. Studien und Projekte für die Abklärung der Produktion von angereichertem Uran, Aufbereitung der Brennstoffelemente.
- VIII Administration: Finanzen, Personal, Kontraktwesen, Patentfragen, Beziehungen mit ausländischen Atomenergieorganisationen.

e. Ihr Verhältnis zu den Elektrizitätswerken, der am Reaktorbau interessierten Industrie und den Hochschulen

Einer besonderen Regelung bedarf das Verhältnis zwischen dieser Organisation und den Elektrizitätswerken, welche als Bauherren und Betreiber der Prototyp-Kernkraftwerke auftreten werden. Da diese sich bereit erklärt haben, im wesentlichen den Reaktor einzubauen, dessen Erprobung vom Standpunkt der Entwicklung aus am interessantesten ist, wobei natürlich ihre Spezifikationen hinsichtlich der Leistung zu berücksichtigen sind, sollte es möglich sein, der Organisation vertraglich genügend Kompetenzen einzuräumen, sodass sie eine sinnvolle Koordination des Baues der Prototypreaktoren mit der Entwicklung sicherstellen kann. Damit sollen jedoch auf keinen Fall die Verantwortlichkeit des Bauherrn für die konventionellen Teile der Anlage und allgemein seine Freiheit in der Behandlung der elektrizitätswirtschaftlichen Belange eingeschränkt werden.

Die am Reaktorbau aktiv interessierten Unternehmungen können mit dieser Organisation auf Grund von Entwicklungs-, Projektierungs- und Fabrikationsaufträgen zusammenarbeiten. Dabei sollte die Organisation

dafür Sorge tragen, dass das öffentliche Interesse durch den Abschluss von entsprechenden Verträgen gewahrt wird, in welchen unter anderem auch die Rechte des Bundes für freie Verwendung der Ergebnisse und die Pflichten der Unternehmung für eine Kosten- und termingerechte Ausführung festgehalten würden. Je nach den Möglichkeiten für die sofortige praktische Verwertung der Resultate im Rahmen der Geschäftstätigkeit des beauftragten Unternehmens wird man auch dessen angemessene Kostenbeteiligung verlangen müssen. Sodann muss die Nutzung der Patentrechte, welche der Organisation zufallen werden, durch die Industrie in einer Weise geregelt werden, die entsprechend den kommerziellen Möglichkeiten eine teilweise Rückgewinnung der gemachten Aufwendungen erlaubt.

Da geplant ist, das Eidg. Institut für Reaktorforschung mit seinem Personal und seinen Einrichtungen vollständig in die Nachfolgeorganisation der NGA zu integrieren, wird mit dem Schweizerischen Schulrat im Einvernehmen mit der Reaktor AG eine entsprechende Vereinbarung getroffen werden müssen, welche neben dem Uebergang insbesondere die Rechte der ETH auf Benutzung der in Würenlingen vorhandenen Einrichtungen für ihren Unterricht und ihre Forschung einerseits und den Zugang der Organisation zu gewissen Anlagen der Hochschule (z.B. Bibliothek, Rechenzentrum) andererseits regelt. Sodann wird man auch den andern Hochschulen gegenüber Zusicherungen abgeben wollen, dass ihnen der Betrieb in Würenlingen wie bisher im Rahmen der Möglichkeiten für Forschung und Ausbildung zur Verfügung steht und speziell die Isotopenproduktion fortgesetzt wird.

IV. Schlussbetrachtungen

Angesichts der grundsätzlichen Tragweite der Wahl zwischen der privatwirtschaftlichen Mitfinanzierung in Verbindung mit privatwirtschaftlicher Organisation der Reaktorentwicklung oder der wesentlich staatlichen Finanzierung verbunden mit einer verantwortlichen staatlichen Organisation dieses Gebietes und in Anbetracht der heutigen Krisensituation in der schweizerischen Reaktortechnik wird es wichtig sein, dass die Wirtschaft möglichst bald und eindeutig Stellung bezieht. Die Erfahrungen mit der Eurochemic AG, dem Dragon- und Halden-Unternehmen,

sowie mit der NGA, die immer wieder gezeigt haben, dass die tatsächlichen Spenden der Industrie enttäuschend unter den in Aussicht gestellten freiwilligen Beiträgen blieben, erfordern an der Schwelle von neuen Aufwendungen, die in die Hunderte von Millionen Franken gehen, langfristig bindende Zusicherungen der beteiligten Kreise. Misslingt es hier, unseren Verhältnissen angepasste Lösungen zu finden, so wird der schweizerischen Wirtschaft nicht nur der ihrem Potential und ihren Interessen entsprechende Zugang zur Reaktortechnik verschlossen bleiben, sondern es wird ihr auch in Zukunft eine zunehmende Zahl von Gebieten der modernen Technik versperrt werden. Der heutige enorme wissenschaftliche und technische Fortschritt vergrössert immer mehr die Belastung durch eine angemessene Entwicklungsanstrengung, welche für die Aufrechterhaltung eines modernen, konkurrenzfähigen Angebotes von Erzeugnissen notwendig ist. Die Zahl der Entwicklungen, welche nicht mehr im Rahmen der heutigen Struktur der schweizerischen Wirtschaft in Angriff genommen werden können, wird aller Voraussicht nach in Zukunft noch wesentlich ansteigen. Wenn für solche Fälle keine schweizerische Lösung besteht, bleibt nur der Anschluss an meistens viel grössere ausländische Unternehmungen, hinter denen zudem eine oft sehr starke staatliche Unterstützung und Lenkung stehen. Die so herbeigeführte individuelle Integration mit andern Wirtschaftsräumen, bevor ein vernünftiger Zusammenschluss im schweizerischen Rahmen erreicht ist, kann für unsere Wirtschaft bedenkliche Folgen zeitigen. Auch aus diesen Ueberlegungen heraus sollte im Falle der Reaktorentwicklung ein zeitgemässer, unseren Verhältnissen angepasster solidarischer Zusammenschluss aller Kreise durchgeführt werden. Wenn dies ohne eine überwiegende Mithilfe des Staates nicht realisiert werden kann, so müssen auch bei uns neue, den veränderten Gegebenheiten angepasste Formen der Partnerschaft zwischen Staat und Industrie entwickelt werden.