

ARCHIVES HISTORIQUES DE LA COMMISSION

COLLECTION RELIEE DES
DOCUMENTS "COM"

COM (78)616

Vol. 1978/0239

Disclaimer

Conformément au règlement (CEE, Euratom) n° 354/83 du Conseil du 1er février 1983 concernant l'ouverture au public des archives historiques de la Communauté économique européenne et de la Communauté européenne de l'énergie atomique (JO L 43 du 15.2.1983, p. 1), tel que modifié par le règlement (CE, Euratom) n° 1700/2003 du 22 septembre 2003 (JO L 243 du 27.9.2003, p. 1), ce dossier est ouvert au public. Le cas échéant, les documents classifiés présents dans ce dossier ont été déclassifiés conformément à l'article 5 dudit règlement.

In accordance with Council Regulation (EEC, Euratom) No 354/83 of 1 February 1983 concerning the opening to the public of the historical archives of the European Economic Community and the European Atomic Energy Community (OJ L 43, 15.2.1983, p. 1), as amended by Regulation (EC, Euratom) No 1700/2003 of 22 September 2003 (OJ L 243, 27.9.2003, p. 1), this file is open to the public. Where necessary, classified documents in this file have been declassified in conformity with Article 5 of the aforementioned regulation.

In Übereinstimmung mit der Verordnung (EWG, Euratom) Nr. 354/83 des Rates vom 1. Februar 1983 über die Freigabe der historischen Archive der Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft und der Europäischen Atomgemeinschaft (ABl. L 43 vom 15.2.1983, S. 1), geändert durch die Verordnung (EG, Euratom) Nr. 1700/2003 vom 22. September 2003 (ABl. L 243 vom 27.9.2003, S. 1), ist diese Datei der Öffentlichkeit zugänglich. Soweit erforderlich, wurden die Verschlussachen in dieser Datei in Übereinstimmung mit Artikel 5 der genannten Verordnung freigegeben.

KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN

KOM(78) 616 endg.

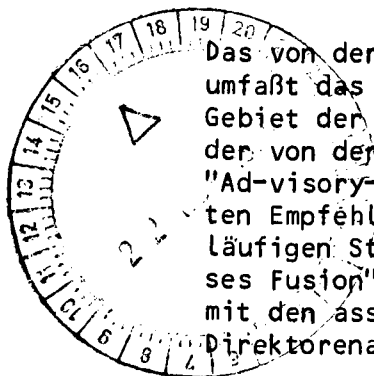
Brüssel, den 21. November 1978

V O R S C H L A G

FÜR EIN

FORSCHUNGS- UND AUSBILDUNGSPROGRAMM (1979-1983)
DER EUROPÄISCHEN ATOMGEMEINSCHAFT
AUF DEM GEBIET DER KONTROLLIERTEN KERNFUSION

(Vorlage der Kommission an den Rat)



Das von der Kommission vorgeschlagene Programm umfaßt das gesamteuropäische Programm auf dem Gebiet der Kernfusion. Es ist auf der Grundlage der von der "Liaison Group" (unterstützt von "Ad-visory-Groups" und Sachverständigen) erteilten Empfehlungen unter Berücksichtigung der vorläufigen Stellungnahme des "Beratenden Ausschusses Fusion" erarbeitet worden. In die Beratungen mit den assoziierten Organisationen war auch der Direktorenausschuß eingeschaltet.

Die Kommission dankt den Mitgliedern dieser Gremien für ihre Unterstützung bei der Erarbeitung eines Kompromisses zwischen ehrgeizigen technischen Vorschlägen und realistischen finanziellen Zwängen.

I N H A L T

	Seite
A) Begründung	2-61
I. <u>EINLEITUNG</u>	
I.1 Die Kernfusion als Energiequelle	2
I.2 Der Gemeinschaftscharakter des Programms	3
I.3 Die Begründung für die Initiative der Kommission	3
I.4 Die Begründung für diesen Programmvorschlag	4
II. <u>DER GEGENWÄRTIGE STAND DER KERNFUSIONSFORSCHUNG</u>	
II.1 Richtlinien	5
II.2 Wissenschaftliche und technische Situation	6
II.3 Weltweiter Rahmen	8
II.4 Situation in Europa	10
II.5 Zusammenfassung der wesentlichen Fortschritte während der ersten drei Jahre des laufenden Programms	20
III. <u>DAS VORGESCHLAGENE PROGRAMM</u>	
III.1 Erkenntnisse aus den langfristigen Planungsstudien	23
III.2 Die Ziele des Fünfjahresplans	23
III.3 Magnetischer Einschluss	26
III.4 Fusionstechnologie	36
III.5 Trägheitseinschluss	44
III.6 Zusammenfassung des vorgeschlagenen Programms	46
IV. <u>DURCHFÜHRUNG</u>	
IV.1 Finanzielle Situation des Programms der Assoziationen für 1976-1980	49
IV.2 Programmvorschlag für 1979-1983	50
IV.3 Organisation	59
B) Vorschlag für einen Ratsbeschluss zur Festlegung eines Forschungs- und Ausbildungsprogramms (1979-1983) der Europäischen Atomgemein- schaft auf dem Gebiet der kontrollierten Kernfusion	62
C) Stellungnahme des Ausschusses für Wissenschaft und Technik (AWT)	68
Stellungnahme des Beratenden Ausschusses Fusion (BAF)	70
D) Finanzbogen	71

A) BEGRÜNDUNG

KAPITEL I

EINLEITUNG

I.1 DIE KERNFUSION ALS ENERGIEQUELLE

Das langfristige Problem der Energiequellen auf weltweiter Ebene ist noch weit davon entfernt, gelöst zu sein. Die Kernfusion ist eine der sehr wenigen Quellen, die dieses Problem lösen oder einen wesentlichen Beitrag zu seiner Lösung leisten könnten. Der Ernst des Energieproblems für Europa braucht hier nicht betont zu werden. Angesichts des hohen Energieverbrauchs pro Gebiets-einheit sowie der geographischen Lage und des Klimas Europas ist der potentielle Nutzen Europas aus der Kernfusion besonders gross.

Die Entwicklung von Fusionsreaktoren ist ein langer, komplexer und kostspieliger Prozess, und sein Erfolg kann angesichts des jetzigen Standes der Wissenschaft nicht als gesichert angesehen werden. Aufgrund der Bedeutung des Endziels erscheinen die Kosten und Risiken jedoch nicht als unannehmbar. Die Kosten pro Jahr des derzeitigen Kernfusionsprogramms belaufen sich auf das Äquivalent von einem Tag des derzeitigen Ölverbrauchs in der Gemeinschaft.

Von diesen Erwägungen ausgehend begann die Europäische Gemeinschaft im Jahre 1958 mit einem Programm über die Kontrollierte Kernfusion und Plasmaphysik, dessen Ziel darin besteht, die Möglichkeit der Erzeugung nutzbarer Energie aus den Reaktionen zwischen leichten Kernen nachzuweisen. Dieses Programm soll zu gegebener Zeit zur gemeinsamen Konstruktion von Reaktor-Prototypen führen, mit dem Ziel ihrer industriellen Herstellung und ihrer Vermarktung. Das Potential der Fusionsenergie und der zu ihrer Verwirklichung erforderliche Aufwand müssen ständig neu bewertet werden, damit im allgemeineren Rahmen der Forschung und Entwicklung auf dem Energiesektor eine Grundlage für Planungsbeschlüsse vorhanden ist.

Angesichts des in den letzten Jahren bereits erzielten Fortschritts kann man vernünftigerweise damit rechnen, dass sich die wissenschaftliche Durchführbarkeit innerhalb der nächsten Jahrzehnte nachweisen lassen wird. Zur Erreichung dieses ersten Ziels dürfte die Fortführung und eine mässige Intensivierung der jetzigen Anstrengungen ausreichen. Die nächsten Schritte sollten sodann im Nachweis zunächst der technischen Durchführbarkeit und dann der wirtschaftlichen Energieerzeugung bestehen. Aus den unabhängig voneinander von verschiedenen Sachverständigengruppen in der Welt durchgeführten Studien lässt sich erkennen, dass ein Demonstrationsreaktor etwa um die Jahrtausendwende gebaut werden könnte. Zu diesem Zweck ist es jedoch wesentlich, heute schon damit zu beginnen, die Probleme der technischen Durchführbarkeit zu lösen; hierzu sind verstärkte Anstrengungen auf dem Gebiet der Fusionstechnologie erforderlich.

I.2 DER GEMEINSCHAFTSCHARAKTER DES PROGRAMMS

Bei dem Programm handelt es sich gemäss Ratsbeschluss um ein langfristiges gemeinsames Vorhaben, das alle in den Mitgliedstaaten durchgeführten Arbeiten über Kernfusion und Plasmaphysik zusammenfasst; es wird von der Kommission anteilmässig finanziert. Die Gemeinschaft war bisher in der Lage, die Schwierigkeiten bei der Aufstellung eines gemeinsamen Europäischen Fusionsprogramms auf dem Gebiet der Physik zu überwinden. Nun erfordern die erzielten Fortschritte die Inangriffnahme eines substantiellen Programms der Kernfusionstechnologie, bei dem die europäische Integration, wenn auch schwierig, so doch noch weit notwendiger ist als bei dem rein physikalischen Teil des Programms. Der Ratsbeschluss, die F & E Arbeiten bis zum Fusionsreaktor auf europäischer Grundlage durchzuführen, war das Ergebnis langwieriger Verhandlungen; spezifische nationale Interessen auf dem Gebiet der Kernfusion sollten weiterhin in diesem Sinne betrachtet werden. Der Gemeinschaftscharakter des gesamten Programms muss betont werden, um eine zum Reaktor hinführende wirksame und wirtschaftliche Entwicklung zu gewährleisten. Eine solche Tendenz wurde durch die kürzliche Gründung des gemeinsamen Unternehmens JET, das in den kommenden Jahren der Brennpunkt des europäischen Programms sein wird, eindrucksvoll illustriert. Dass Europa in der Lage war, ein fortgeschrittenes Vorhaben von der Bedeutung des Joint European Torus in nur wenigen Jahren auf die Beine zu stellen, ist das Ergebnis der vorher unternommenen geduldigen Integrationsbemühungen mit den Assoziierten.

I.3 DIE BEGRÜNDUNG FÜR DIE INITIATIVE DER KOMMISSION

Seit seiner Gründung hat EURATOM sowohl Mittel als auch Personal zur Verfügung gestellt, um die Arbeiten in den Forschungsstätten der Mitgliedstaaten und ihre Integration in ein gemeinsames Programm zu fördern.

Die hauptsächlichen Gründe, die die Kommission bewogen haben, eine derartige Initiative zu ergreifen, sind:

- die Grössenordnung der erforderlichen personellen und finanziellen Mittel; diese lassen eine Durchführung auf nationaler Ebene nicht angezeigt erscheinen;
- das Vorhandensein eines allen Mitgliedstaaten gemeinsamen Bedürfnisses;
- die lange Dauer der Anstrengungen (bis zum Ende dieses Jahrhunderts), bis der Reaktor existiert;
- das Vorhandensein eines grossen Gemeinschaftsmarktes für den europäischen Reaktor, falls die Entwicklung zum Erfolg führt.

I.4 DIE BEGRÜNDUNG FÜR DIESEN PROGRAMMVORSCHLAG

Der Grundsatz des revolvierenden Programms (d.h. die Verabschiedung eines neuen Fünfjahresprogramms nach nur dreijähriger Laufzeit des vorhergehenden Programms) wurde von der Kommission 1975 vorgeschlagen, um die Kontinuität des Programms zu sichern und erforderlichenfalls seine Reorientierung zu ermöglichen, wenn dies angesichts der Entwicklung der wissenschaftlichen und technischen Situation angezeigt erscheint.

Der Ministerrat beschloss am 25. März 1976, dass "die Kommission dem Rat 1978 einen Vorschlag zur Revision unterbreitet mit dem Ziel, das gegenwärtige Programm ab 1. Januar 1979 durch ein neues Fünfjahresprogramm¹⁾ zu ersetzen".

Der Wissenschaftliche und Technische Ausschuss betrachtete es in seiner Stellungnahme zum vorgeschlagenen Fünfjahres-Kernfusionsprogramm 1976-1980 als "positiv im Rahmen der Absicht der Kommission, nach Durchführung der Hälfte des Programms eine Überprüfung vorzunehmen und ein revolvierendes Programm vorzusehen" und "bat die Kommission, bei der Überprüfung besondere Aufmerksamkeit auf die Kernfusion durch Trägheitseinschluss sowie auf technologische Probleme zu legen".

Die Kommission hält es aus den folgenden Gründen für erforderlich, dieses neue Programm vorzuschlagen:

- (a) die bei der Tokamak-Physik erzielten Fortschritte machen es möglich, neue spezifische Experimente durchzuführen, die für den weiteren Fortschritt notwendig sind;
- (b) die vor kurzem entwickelten und erfolgreich getesteten Heizmethoden können nun auf bereits gebaute oder im Bau befindliche Einschlussvorrichtungen angewandt werden: es ist ein quantitativer Schritt bei den Anstrengungen auf dem Gebiet der Plasmatemperatursteigerung erforderlich;
- (c) nachdem der Beschluss zum Bau des JET getroffen worden ist, erscheint es angebracht, die ersten Definitionsarbeiten für den nächsten Schritt in Angriff zu nehmen, um die Konstruktion im darauffolgenden Fünfjahresprogramm vornehmen zu können: dies bedingt eine entsprechende Anpassung der kurzfristigen Ziele des Programms und seines Inhalts;
- (d) die entscheidenden fusionstechnologischen Probleme für die Tokamaklinie sind identifiziert worden; man beginnt bereits mit der internationalen Zusammenarbeit an zweien dieser Probleme (grosse Supraleiterspulen und die Auswirkungen des Neutronenbeschusses von Materialien): die Ingangsetzung eines Technologieprogramms mit dem Ziel der Lösung der Probleme des nächsten Schritts erscheint nunmehr als möglich und wünschenswert.

¹⁾ Amtsblatt Nr. L90 vom 3.4.1976, Seiten 12 u. 13

KAPITEL II

DER GEGENWÄRTIGE STAND DER KERNFUSIONSFORSCHUNG

II.1 RICHTLINIEN

II.1.1 Physik

Um bei Fusionsprozessen eine positive Energiebilanz zu erzielen, muss die Plasmatemperatur (genauer gesagt: die Ionentemperatur) den Wert von 10 keV überschreiten; die Qualität der Plasmaeinschliessung muss ebenfalls oberhalb bestimmter Grenzen liegen. Über das Produkt $n \cdot \tau$ von Plasmadichte " n " und Einschlusszeit " τ " kann die Qualität der Plasmaeinschliessung gemessen werden. Ein Fusionsreaktor erfordert $n \cdot \tau$ grösser als 10^{14} Ionen pro cm^3 Sekunden. Das Problem bei der Fusionsforschung besteht demnach zunächst darin, diese Minimumwerte zu erreichen (physikalische Durchführbarkeit); dann darin, eine Maschine zu bauen, die alle technischen Probleme, wie sie in einem Reaktor auftreten werden, bewältigt (technische Durchführbarkeit); und schliesslich darin, zu einem Reaktor zu gelangen, der Energie zu wettbewerbsfähigen Kosten produziert (wirtschaftliche Durchführbarkeit). Diese drei Punkte sind nicht unabhängig voneinander: wenn beispielsweise Experimente geplant werden, die die physikalische Durchführbarkeit zeigen sollen, so besteht natürlich grösstes Interesse daran, alle Möglichkeiten, die Erfahrungen auf zukünftige Reaktoren zu übertragen, in Betracht zu ziehen.

II.1.2 Magnetischer und Trägheitseinschluss

Um die erforderlichen Werte von $n \cdot \tau$ zu erreichen, sind zwei entgegengesetzte Methoden denkbar:

- man kann einen relativ niedrigen Wert für die Plasmadichte nehmen und diesen für "lange" Einschlusszeiten (in der Grössenordnung von einer Minute) aufrechterhalten. Dieser Weg wird beim magnetischen Einschluss eingeschlagen. Hierbei schafft man ein Plasma grosser Dimensionen (viele m^3) innerhalb eines bestimmten (häufig toroidalen) Volumens durch magnetische Felder, die durch starken Strom in ausserhalb liegenden Spulen oder, im Fall der Tokamaks, im Plasma selbst erzeugt werden;
- man kann sehr hohe Plasmadichten für kurze Zeiträume (kürzer als ein Millionstel einer Sekunde) verwenden. Dies ist bei einem Trägheitseinschluss der Fall. Hierbei wird der Brennstoff (Deuterium oder

Tritium), der sich zunächst in einer kleinen (weniger als 1 cm) Hohlkugel befindet, komprimiert und dann sehr schnell mit starken Licht- (Laser), Elektronen- oder Ionenstrahlen geheizt. Während der freien Explosion des "Pellet" ergeben sich Fusionsreaktionen des Brennstoffs. Die Dauer der Reaktionen wird nur durch Trägheit kontrolliert; daher stammt die Bezeichnung "Trägheitseinschluss";

- die bisherige Forschung hat gezeigt, dass dazwischenliegende Lösungen nicht sehr erfolgversprechend sind.

II.2 WISSENSCHAFTLICHE UND TECHNISCHE SITUATION

II.2.1 Magnetischer Einschluss

Der gegenwärtige Stand wird an der Entwicklung einiger fundamentaler Plasma-parameter in Tokamaks (einem besonderen, toroidalen Typ) während der letzten Jahre dargestellt (Abbildung 1 - A, B, C). In den Abbildungen sind auch die (bereits erwähnten) Mindestwerte angegeben, die zur Erreichung des Reaktorbereichs erforderlich sind. Es ist hervorzuheben, dass in der letzten Zeit eindrucksvolle Fortschritte bei dem Tokamak-System zu verzeichnen waren:

1. In Princeton wurde in der Apparatur PLT eine Ionentemperatur von 60 Millionen Grad (die der in einem Fusionsreaktor erforderlichen Temperatur ziemlich nahekommt) bei einer Dichte von $2 \cdot 10^{13}$ Ionen pro cm^3 erzielt. Dieses wichtige Ergebnis zeigt, dass die Furcht vor nachteiligen Wirkungen aufgrund hoher Ionentemperaturen (siehe III.3.1.3) unbegründet sein dürfte.
2. Das günstige Skalierungsgesetz (siehe III.3.1.1) der Einschlusszeit τ (τ proportional der Plasmadichte und dem Quadrat des kleinen Plasmradius) ist in einem grösseren Bereich von Parametern als gültig bestätigt worden, vor allen durch den bei 600 kA und 80 kG arbeitenden FT (Frascati) und den mit hoher Temperatur arbeitenden PLT (Princeton).
3. Was die Beta-Werte angeht (siehe III.3.1.2), so sind in den Apparaturen T 11 (UdSSR) und Tosca (Culham) mittlere Werte von 2% erreicht worden. Ferner war es bei einem gegebenen toroidalen Magnetfeld möglich, den Plasmastrom in mehreren Vorrichtungen - Diva (Japan), Alcator (USA), TFR (Fontenay-aux-Roses) und T 11 (UdSSR) - stark zu erhöhen.

Zum grössten Teil sind diese Fortschritte eine unmittelbare Folge des Einsatzes leistungsstarker Zusatzheizungen.

Eine einfache Extrapolation der Fortschritte führt zu der berechtigten Hoffnung, dass der Reaktorbereich, gestützt auf die nächste Generation von Maschinen, kurz nach Beendigung des Fünfjahresprogramms erreicht wird. Damit soll nicht gesagt werden, dass irgendeine dieser Apparaturen selbst ein Reaktor sein wird; sie werden vielmehr Zugang zu neuen Plasmabereichen bei höheren Temperaturen schaffen, wodurch die erwarteten Skalierungsgesetze möglicherweise modifiziert werden könnten. Das unbekannte Verhalten von Plasmen, die Tritium enthalten und eine grosse Menge thermonuklearer Energie erzeugen, erfordert mit Sicherheit umfassende Forschungsarbeit. Ausserdem müssen die hiermit zusammenhängenden Technologien vollständig entwickelt werden, ehe eine technische Durchführbarkeit erwiesen sein wird.

II.2.2 Trägheitseinschluss

Die jüngsten Ergebnisse sind sehr erfolgversprechend: symmetrische "Pellet" Implosionen wurden erreicht, die zu hohen Druckquotienten (etwa 1000) des Plasmas und zu thermonuklearen Reaktionen in nennenswertem Mass (10^9 pro Schuss) führten. Der beträchtliche Fortschritt in der Technologie der Laserfusion (siehe Abbildung 1 - D) und der Elektronenstrahlgeneratoren führt voraussichtlich zu einer schnellen Leistungssteigerung dieser Systeme. Im einzelnen ist folgendes zu sagen:

1. Laserfusion. Zwei Multistrahlsysteme arbeiten zur Zeit im Leistungsbereich über 10 TW: Shiva (Neodimium) in Livermore und Helios (CO_2) in Los Alamos. In naher Zukunft soll systematisch mit Teilchenimplosionen bei voller Leistung gearbeitet werden. In Los Alamos befindet sich Antares, ein CO_2 -Lasersystem von 100 TW, im Bau; die Fertigstellung ist für 1982 vorgesehen.
2. Elektronenstrahlen. Bei den Strahlführungstechniken sind signifikante Fortschritte erzielt worden, so dass die Konstruktion von Multistrahlsystemen möglich ist. Die 30 TW-Apparatur EBFA mit 20 Strahlen soll 1980 in Sandia (USA) betriebsbereit sein. Eine Apparatur mit 100 TW befindet sich im Kurchatov-Institut (Moskau) im Bau.

In den kommenden Jahren dürften sehr bedeutende Ergebnisse erzielt werden. "Breakeven"-Experimente zum Nachweis der physikalischen Durchführbarkeit sind für die Mitte der achtziger Jahre vorgesehen.

II.3 WELTWEITER RAHMEN

II.3.1 Haushaltspläne

In drei Jahren (1975-1978) ist das jährliche amerikanische Fusionsbudget mehr als verdoppelt worden; 1978 hat es die 400 Millionen Dollar Grenze (für magnetischen und Trägheitseinschluss zusammen) überschritten. Die japanischen Anstrengungen sind beträchtlich verstärkt worden (um den Faktor 12 zwischen 1970 und 1976), sie machen jetzt etwa die Hälfte der europäischen Leistung aus. In der UdSSR, wo absolute Angaben schwierig zu bekommen sind, sind die Aufwendungen anscheinend weiterhin mit denen der USA vergleichbar.

II.3.2 Grosse Tokamaks

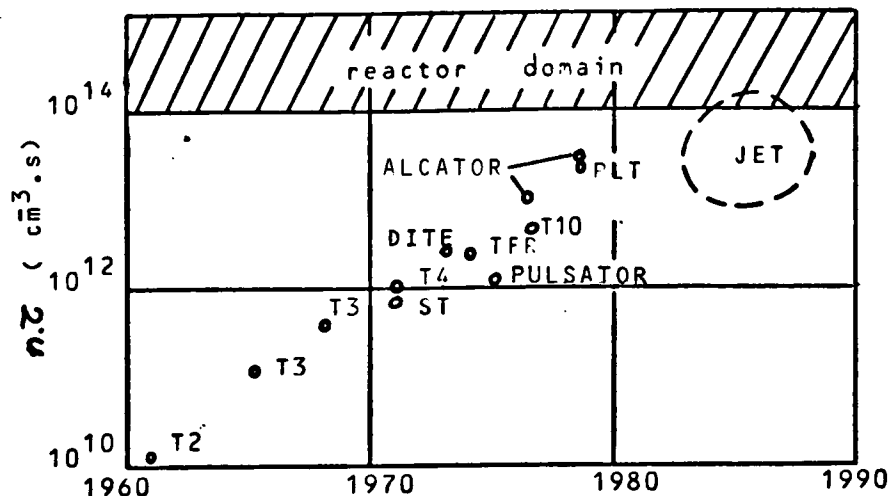
In Anbetracht des Fortschritts bei den Tokamaks, die ein Beispiel für magnetischen Einschluss sind, ist die Entwicklung dieser Linie schneller vorangeschritten als die anderen. Jedes Programm enthält, zusätzlich zu den Projekten mittlerer Grösse, die Vorbereitung und den Bau eines grossen Tokamaks, der zu Beginn des nächsten Jahrzehnts fertig sein soll (JET in Europa, TFTR in den USA, JT-60 in Japan, T 10 M in der UdSSR). Ausserdem werden die technologischen, mit zukünftigen Reaktoren zusammenhängenden Probleme überwiegend am Tokamak-System analysiert werden.

II.3.3 Andere magnetische Versuchsanordnungen

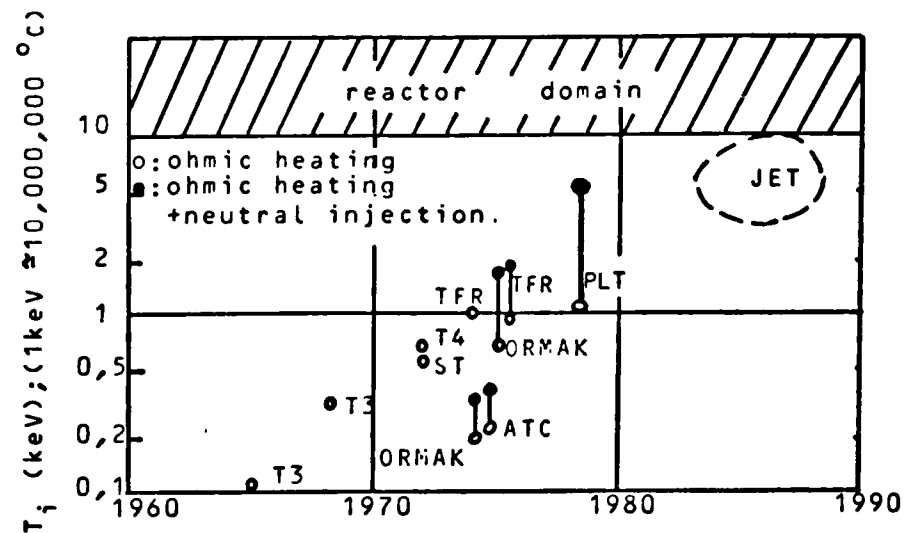
Die Aktivitäten in den Bereichen magnetischer Spiegel, Stellaratoren und Konfigurationen mit hohem Beta sind während der letzten Jahre relativ eingeschränkt worden. Die Amerikaner waren jedoch mit Spiegeln ziemlich erfolgreich, und führen ihre Bemühungen auf diesem Gebiet in hohem Masse fort, während sie grössere Arbeiten an Stellaratoren eingestellt haben. Europa hat das Gegenteil getan: es hat die Spiegel aufgegeben und sich auf Stellaratoren (Wendelstein VII A in Garching ist der grösste existierende Stellarator) und Konfigurationen mit hohem Beta konzentriert, so dass sich die Programme dieser Zusatzlinien ergänzen.

II.3.4 Trägheitseinschluss

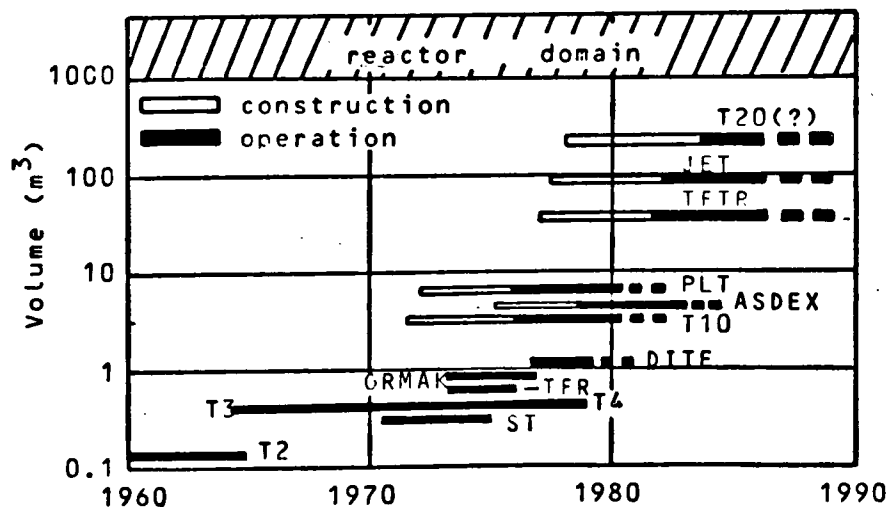
Diese Forschungsrichtung stellt eine echte Alternative zu den Tokamaks dar. Obwohl es eine neue Richtung ist (Arbeiten in grossem Maszstab begannen erst 1971), wird sie in den USA, in der UdSSR und in Japan schnell ausgedehnt (der Aufwand stieg 1978 auf fast 30% des Fusionsbudgets der USA, nachdem er 1972 nur einen geringen Teil der amerikanischen Gesamtaufwendungen ausmachte). Hier sind noch viele Probleme ungelöst (z.B.



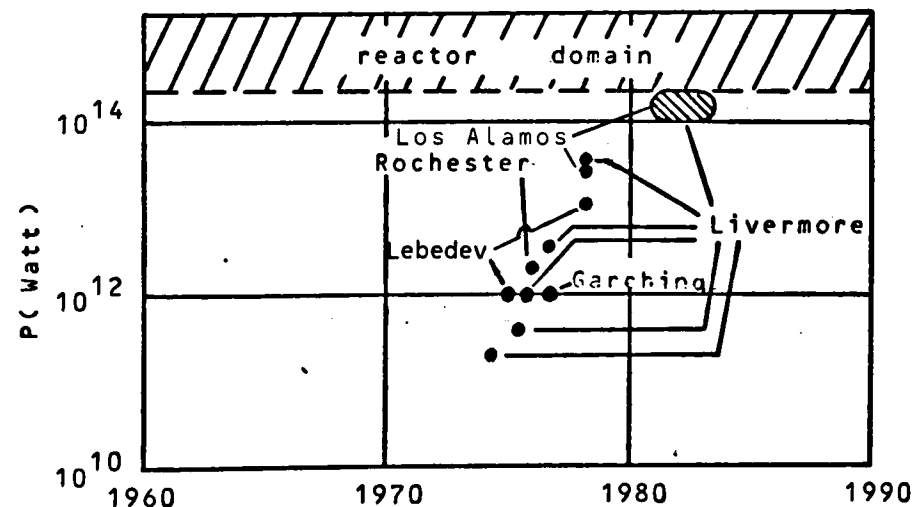
A - QUALITY OF CONFINEMENT IN TOKAMAKS.



B - ION TEMPERATURE IN TOKAMAKS.



C - PLASMA VOLUME IN TOKAMAKS.



D - LASER POWER OUTPUT.

ABBILDUNG 1: ENTWICKLUNG EINIGER WICHTIGER PARAMETER SEIT 1960

die Wahl zwischen Laser- und Elektronen- oder Ionenstrahlen). Dennoch sind kritische Experimente für die frühen achtziger Jahre programmiert: beispielsweise sollte SHIVA-NOVA, ein in Livermore geplantes Experiment mit Laserstrahlen von 10^{14} Watt, noch vor JET betriebsfähig sein und könnte zu "breakeven"-Zuständen führen.

II.3.5 Internationale Zusammenarbeit

- Weltweit hat ein zwangloser Informationsaustausch viele Jahre lang in sehr befriedigender Weise, besonders auf dem Gebiet des magnetischen Einschlusses, stattgefunden. Es muss betont werden, dass die assoziierten Laboratorien nur solange an diesem Informationsaustausch teilhaben können, wie das Fusionsprogramm der Gemeinschaft einen wesentlichen Beitrag zu den weltweiten Ergebnissen leistet. Das Ungleichgewicht, das sich aufgrund erhöhter amerikanischer Aufwendungen in den letzten Jahren ergeben hat, ist bereits spürbar. Offizielle Zusammenarbeit findet im Rahmen zweier Organisationen statt: der International Atomic Energy Agency (IAEA) und der International Energy Agency (IEA).
- Die Kommission ist im International Fusion Research Council der IAEA vertreten. Dadurch ist sie an der Organisation der Weltkonferenzen über Plasmaphysik und kontrollierte Kernfusionsforschung, an der Herausgabe der Zeitschrift "Nuclear Fusion" und an anderen kooperativen Unternehmen, wie z.B. einer Jahreskonferenz über grosse Tokamaks, beteiligt. Neue, ehrgeizige Vorschläge sind kürzlich gemacht worden und werden geprüft.
- Im Rahmen der IEA ist die Kommission die "Leitorganisation" im Bereich der thermonuklearen Fusionsforschung. Sie handelt im Namen ihrer Partner im Fusionsprogramm der Gemeinschaft beim Abschluss bestimmter Abkommen. Drei von dem Fusion Power Coordinating Committee der IEA vorbereitete Durchführungs-Abkommen sind in den letzten beiden Jahren abgeschlossen worden, nämlich auf den Gebieten der starken Neutronenquelle, der grossen Spulen und der Plasma-Wand Wechselwirkung (Textor). Ausserdem fand drei Jahre lang ein periodischer Informationsaustausch über die sehr grossen experimentellen Apparaturen (TFTR in den USA, JET in der Gemeinschaft und JT-60 in Japan) statt. Hinzu kam eine Reihe von Arbeitstagen über spezielle Konstruktionsprobleme.

II.4 SITUATION IN EUROPA

II.4.1 Einführung

- Dies ist der fünfte Fünfjahresplan, der dem Rat vorgelegt wird. In

Übereinstimmung mit der Entscheidung des Rates vom 25. März 1976 wird zum ersten Mal ein weiterer Plan gemacht, obgleich der vorhergehende noch nicht drei Jahre läuft. Obwohl drei Jahre in der Forschung eine kurze Zeit sein können, sind, wie im folgenden gezeigt wird, eine Reihe von Aufgaben seit der Vorlage des letzten Plans so gut fortgeschritten, dass der Nutzen eines "gleitenden Programmes" im Nachhinein gerechtfertigt ist.

- Das Hauptziel der beiden letzten Pläne war es, die europäische Tokamak-Forschung auf einen international wettbewerbsfähigen Stand zu bringen. Dies Ziel ist vollständig erreicht worden: mit dem Bau von JET ist begonnen worden und durch eine zusätzliche Serie von Experimenten mittlerer Grösse spielt Europa seit einigen Jahren eine führende Rolle in der Tokamak-Forschung. Andere Experimente laufen oder werden festgelegt.
- Innerhalb der Experimente mit magnetischem Einschluss befinden sich die Alternativversuche zu den Tokamaks (Stellaratoren, Konfigurationen mit hohem Beta, ...) auf einem angemessenen Stand. Im Verhältnis zu den Gesamtaufwendungen nimmt ihre Bedeutung ab.
- Methoden zur Plasmaaufheizung sind sehr erfolgreich entwickelt worden. Die Entwicklung von Aufheizungsverfahren nimmt einen grossen und wachsenden Teil des Fusionsprogramms ein.
- Der Trägheitseinschluss stellt einen kleinen Teil der Gesamtaufwendungen dar.
- Es existiert ein verhältnismässig kleines technologisches Programm, das dem jetzigen Maschinentyp und der nächsten Generation von Experimenten gewidmet ist und das den Fusionsreaktor als Endziel sieht. Dieses Programm wird im Augenblick erweitert, da ein wachsendes Interesse auf dem Gebiet der Supraleitfähigkeit besteht.

II.4.2 JET

Mit der Wahl von Culham als Standort im Oktober 1977 konnte mit der Vorbereitung der Errichtung des Gemeinsamen Unternehmens JET begonnen werden. Nach Abschluss der vorbereitenden Arbeiten während einer Interimphase wurde das Gemeinsame Unternehmen am 1. Juni 1978 errichtet und mit der Bauphase des Projektes begonnen. Es ist geplant, dass die Maschine 1983 oder bereits früher (siehe Paragraph III.3.2.1) für die Grundleistung betriebsfähig ist. Mit Ende der Interimphase umfasste der JET-Mitarbeiterstab etwa 50 Personen und die interne Organisation des Teams war festgelegt. Etwa 150 Verträge für spezifische Arbeiten bei der Durchführung des Programms wurden mit den Assoziationen abgeschlossen. Für Ar-

beiten, die durch Dritte (in den meisten Fällen durch die Industrie) durchgeführt werden, wurden etwa 100 Verträge abgeschlossen; sie betreffen in der Hauptsache Prüfverfahren und Herstellung von Maschinenteilen. Die Vakuumkammer, die toroidalen Spulen sowie die Anlagen zur Stromversorgung (Schwungrad-Generator-Konvertor-Systeme) sind bestellt worden. Schliesslich wurde noch ein Beratervertrag für die für JET erforderlichen Gebäude und Versorgungsbetriebe abgeschlossen.

II.4.3 Andere Tokamaks

Ein Tokamak kann grundsätzlich durch seine Grösse und seine einschliessenden magnetischen Felder charakterisiert werden. Das darin enthaltene Plasma sollte dicht, heiss, sauber, für eine lange Zeit τ eingeschlossen sein und ein hohes " β " haben (β ist das Verhältnis zwischen dem Plasmadruck und dem durch das Magnetfeld ausgeübten Druck; es ist ein Mass für den Wirkungsgrad der Apparatur). JET allein ist nicht ausreichend, und auch nicht so geplant, dass es alle Probleme, die gelöst sein sollten ehe die nächste Generation von Tokamaks in Angriff genommen wird, bewältigen könnte. Die wichtigsten bereits voll genutzten Tokamaks der Gemeinschaft, TFR (Fontenay), Pulsator (Garching) und Dite (Culham) haben sehr wesentlich zu dem allgemeinen Fortschritt beigetragen. Bis 1976 war TFR der stärkste Tokamak ($I = 400$ kA) der Welt, dann waren T-10 und PLT betriebsfertig. In jüngster Zeit konnten Temperaturen von 2 keV erreicht werden. Pulsator leistete einen ausgezeichneten Beitrag bei der Untersuchung von Plasmainstabilitäten und schaffte trotz seiner verhältnismässig geringen Grösse und seines schwachen Magnetfeldes Plasmen von hoher Dichte n und einem grossen $n \cdot \tau$. Dite war der erste Tokamak mit eingebautem Divertor (oder magnetischem System zur Entfernung von Plasmaverunreinigungen). Er wird für wichtige Versuche zur Plasmaaufheizung durch Injektion schneller Neutralteilchen verwendet. Tosca (Culham) ist ein kleiner Tokamak, an dem Querschnitte und adiabatische Kompression untersucht werden. Erasmus (Brüssel), eine kleine aber sehr kompakte Apparatur, sowie Petula und Wega (Grenoble) sind in der Hauptsache für die Untersuchung der Radiofrequenzmethoden zur Aufheizung des Plasmas bestimmt. FT (Frascati), eine Apparatur mit starkem Magnetfeld, ist technologisch das ehrgeizigste der im Verlauf des dritten Plans in Europa beschlossenen Unternehmen. FT wurde Ende 1977 in Betrieb genommen und könnte einer der ersten Tokamaks der Welt sein, die eine Ein-Megaampère-Stromstärke im Plasma erreichen. Neben der vor kurzem fertiggestellten Umänderung von TFR, die eine höhere Leistung gestattet, sind noch einige, recht grosse, neue Apparaturen fast fertiggestellt. Asdex (Garching) wird ein Tokamak mit einem "poloidalen Divertor" und

einer leistungsstarken Aufheizung durch Injektion von Neutralteilchen sein. Textor (Jülich), das Projekt eines internationalen Abkommens zur Zusammenarbeit mit den Amerikanern, wird hauptsächlich mit dem wichtigen Problem der Plasma-Wand Wechselwirkung befasst sein.

II.4.4 Aufheizung

- Da eine Tokamak-Konfiguration wesentlich als die Kombination eines vom Plasma geleiteten toroidalen Stromes und eines überlagerten toroidalen Feldes definiert wird, stellt die Ohm'sche Aufheizung einen dem Tokamak innewohnenden Faktor dar. Es kann allerdings gezeigt werden, dass eine Ohm'sche Aufheizung, ausser vielleicht bei Apparaturen mit sehr starkem Feld, niemals zu Fusionstemperaturen führen wird. Zudem nimmt bei gegebenem toroidalen Feld der Wirkungsgrad der Ohm'schen Aufheizung mit zunehmender Maschinengrösse ab. Daher ist in den grösseren Apparaturen, die augenblicklich fertiggestellt oder gebaut werden, Zusatzheizung notwendig, um gute Leistungen zu erzielen. Über die Bedeutung einer wirksamen Zusatzheizung ist man sich in den letzten Jahren vollständig klar geworden: man nimmt an, dass die Zusatzheizsysteme in den meisten zukünftigen Tokamaks soviel wie die Maschine selbst kosten könnten.
- Zwei Methoden werden jetzt entwickelt: das Einschiessen hochintensiver Neutralteilchenstrahlen - ein System, das bereits mit beträchtlichen Leistungsstärken (ein Megawatt) betriebsfähig ist - sowie die Radiofrequenzmethoden, die, obwohl sie weniger weit entwickelt sind, für zukünftige grosse Maschinen und Reaktoren erfolgversprechender erscheinen. Die Kommission hat mit Erfolg versucht, das Forschungs- und Entwicklungs-bemühen bei der Aufheizung zu koordinieren: die Laboratorien von Culham und Fontenay-aux-Roses sind für die Entwicklung des Neutralteilcheneinschusses verantwortlich, während sich Grenoble und Brüssel auf die Radiofrequenzmethoden spezialisieren. Zusätzlich wird Grundlagenforschung zur Turbulenz- und zur Elektronenstrahlaufheizung durchgeführt.
- Leistungsstärken, die mit den durch Ohm'sche Aufheizung erreichbaren vergleichbar sind, wurden kürzlich durch Neutralteilcheneinschuss in TFR (600 kW) und Dite erzielt, ohne die Qualität der Einschliessung zu beeinträchtigen. Gleichzeitig werden in Culham und Fontenay-aux-Roses durch JET-Vertrag Injektionseinheiten von 1 MW entwickelt. Sie werden auch für Apparaturen wie Textor, Asdex oder TFR-604 verwendbar sein. Die jüngsten Erfolge bei der Entwicklung der Aufheizung durch Neutralteilcheneinschuss können als eines der besten Ergebnisse der assoziierten Laboratorien gewertet werden.

- Auf dem Gebiet der Radiofrequenzaufheizung ist inzwischen ebenfalls ein hoher Wissensstand erreicht worden. Europa ist in diesem Bereich wirklich wettbewerbsfähig und besitzt einige toroidale Maschinen, die speziell zur Untersuchung der Anwendung dieses Aufheizungsverfahrens bestimmt sind. Erfolgversprechende Ergebnisse sind mit Petula und Wega im Laboratorium Grenoble erzielt worden; dieses Laboratorium ist hier hauptverantwortlich und arbeitet mit ERM (Brüssel) zusammen, wo Erasmus demnächst Ergebnisse beisteuern wird.

II.4.5 Stellaratoren

Dies sind toroidale Systeme, in denen das magnetische Feld hauptsächlich durch ausserhalb der Plasmakammer liegende Spulen erzeugt wird. Obwohl sie im Prinzip komplizierter sind als Tokamaks, sind sie doch flexibler und können an sich kontinuierlich arbeiten. Bisher wurden die vorhandenen Apparaturen, Wendelstein VII-A und Cleo, mit Ohm'scher Aufheizung betrieben. Ionentemperaturen von 300 eV und n_e von 10^{12} wurden erreicht. Im Vergleich zu Tokamaks zeigen sie keinen Plasmaaufbruch, eine höhere Grenzdichte, und zunehmende Einschliessungseigenschaften bei abnehmendem Ohm'schen Aufheizungsstrom. Technische Schwierigkeiten haben bis jetzt die Installation der grossen, für W-VII-A vorgesehenen Kammer verhindert. Arbeiten mit Isar T-1, einem Stellarator mit hohem Beta, sind beendet worden nachdem die Möglichkeit, in dieser Konfiguration Gleichgewichte zu erzielen, gezeigt worden ist.

II.4.6 Konfigurationen mit hohem Beta

Bisher haben Tokamaks noch nicht die für einen wirtschaftlich arbeitenden Reaktor erforderlichen Beta-Werte erreicht. Zudem sind theoretische Voraussagen eines maximalen β -Wertes unsicher und experimentell noch nicht überprüft. Das Verhalten von Plasmen mit hohem β wird jetzt in einer Reihe von Apparaturen untersucht: gepulste Tokamaks mit hohem Beta wie Spica (Jutphaas), Belt Pinch (Garching - eingestellt) und Tenq (Jülich - eingestellt), Stellaratoren mit hohem β und Pinches mit umkehrendem Feld. Die meisten Hoch- β -Aktivitäten in der Gemeinschaft konzentrieren sich auf den Pinch mit umkehrendem Feld in einem Gemeinschaftsprogramm von Culham (HBTX) und Padua (Eta-Beta). Der Theorie der idealen Flüssigkeiten entsprechend können Pinches mit umkehrendem Feld für ein β bis zu 40% stabil sein. β -Werte zwischen 10% und 40% sind im Experiment beobachtet worden, allerdings bei niedrigen Temperaturen. Die Planung für das grosse RFX-Experiment in Culham ist nun in einem den heutigen Tokamaks vergleichbaren Parameterbereich fertiggestellt worden.

II.4.7 Trägheitseinschluss

Die allgemeine Situation in Europa ist unbefriedigend. Wegen möglichen militärischen Interesses an einigen Aspekten des Trägheitseinschlusses war es der Kommission weder möglich alle Aktivitäten in diesem Bereich zu koordinieren, noch kann die Ausweitung der Arbeit am Trägheitseinschluss gefördert werden, was sowohl durch kürzlich veröffentlichte Ergebnisse aus anderen Ländern als auch durch die augenblicklichen politischen Richtlinien der USA, der UdSSr und Japans gerechtfertigt wäre.

- Auf dem Gebiet der Laserfusion führen die Assoziationen Euratom-IPP und, auf etwas niedrigerer Ebene, Euratom-CNEN in begrenztem Umfang experimentelle Untersuchungen durch; die Assoziationen Euratom-Etat Belge und Euratom-NSBESD (Schweden) unterstützen diese mit theoretischen Arbeiten. Dieser Aufwand ist zu bescheiden, um ausserhalb Europas wettbewerbsfähig zu sein. Vor einigen Jahren erschienen einige neue nationale Programme (Rutherford Laboratory, Ecole Polytechnique) ausserhalb des Euratom Fusionsprogrammes, und diese entwickeln sich sehr schnell. Schliesslich ist noch bekannt dass in mehr oder weniger klassifizierten Laboratorien, z.B. in Limeil, beträchtliche Anstrengungen unternommen werden, und dass auch in Aldermaston auf diesem Gebiet gearbeitet wird.
- Im Bereich der Fusion durch Elektronen- oder Ionenstrahlen wird in Europa praktisch nichts unternommen.
- Auf dem Gebiet des Plasmafokus, wo weniger empfindlich reagiert wird, ist die Koordination befriedigender. Die Euratom-UKAEA und Euratom-CNEN Assoziationen arbeiten in engem Kontakt mit mehreren deutschen Universitäten (insbesondere mit Stuttgart). Limeil arbeitet unabhängig. In diesen Apparaturen werden für kurze Zeiten hohe Dichten und thermonukleare Temperaturen erzielt, die zu einer Vielzahl von Fusionsreaktionen führen. Die Ausbeute der 1 Megajoule-Apparatur in Frascati ist gegenwärtig auf 10^{12} Neutronen pro Puls beschränkt (10^{13} werden von den Skalierungsgesetzen her erwartet) infolge von Plasma-Wand Wechselwirkungen, die gegenwärtig untersucht werden.

II.4.8 Diagnostik

Trotz des grossen Erfolgs ist die Tokamak-Forschung noch in einem Stadium, in dem das Sammeln experimenteller Beobachtungen die Hauptaufgabe der Physiker ist. Die Plasmadiagnostik ist also von entscheidender Bedeutung

und in allen Laboratorien bemüht man sich sehr, bekannte Techniken auf spezielle Maschinen anzuwenden oder neue diagnostische Methoden zu entwickeln. Lokale Messungen der Elektronendichte und -temperatur werden jetzt mit erprobten Methoden vorgenommen. Die Techniken zur Bestimmung der Ionentemperatur und der "chemischen" Zusammensetzung des Plasmas (Gehalt an Verunreinigungen) sind weniger gut entwickelt. Die Messungen der Plasmastromverteilung und der Plasma-Wand Wechselwirkungen befinden sich noch in einem frühen Stadium der Entwicklung.

Im Bereich des Trägheitseinschlusses macht selbst die Anwendung bekannter diagnostischer Methoden wegen der räumlichen und zeitlichen Dimensionen (1 Tausendstelmmillimeter und 1 Milliardstelsekunde sind typisch) grösste Mühe.

II.4.9 Theorie und Datenverarbeitung

Für die theoretischen Arbeiten ist es bezeichnend, dass sie einerseits in ständig wachsender Beziehung zu dem experimentellen Programm stehen und dass andererseits die Anzahl der numerischen Berechnungen schnell ansteigt. Die theoretische Arbeit wurde hauptsächlich auf das Verständnis der Tokamakbegrenzungen (Plasmaaufbruch, anomale Wärmeleitung und Dynamik der Verunreinigungen) konzentriert, sowie auf die erfolgreiche Anwendung der Theorie der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen auf die Radiofrequenzheizung. Umfassende Computerprogramme sind aufgestellt worden sowohl für das Plasmaverhalten als auch für die Tokamaktechnik, die gegenwärtig in verschiedenen Laboratorien weitverbreitete Anwendung finden. Die Interpretation experimenteller Ergebnisse (Daten-Sammelsysteme) sind ein weiteres Gebiet, auf dem der Einsatz von Computers schnell zunimmt.

II.4.10 Fusionstechnologie

Mit dem derzeitigen Technologieprogramm sollte geprüft werden, ob die Durchführung eines streng Aufgaben-orientierten Technologieprogramms während des nächsten Fünfjahresplans möglich ist.

Folgende Aktivitäten innerhalb der Fusionstechnologie sind im Augenblick die wesentlichen:

- (1) Im Zuge der IEA-Zusammenarbeit laufen drei Durchführungsabkommen:
 - starke Neutronenquellen: hier besteht grosse Unsicherheit bei der Auswahl des Projekts zum Bau eines 14 MeV Neutronengenerators.

- Plasma-Wand Wechselwirkungen: TEXTOR - Jülich (siehe II.4.3).
 - Grosse Spulen: LCP - Oak Ridge (USA). Der europäische Beitrag besteht im Bau mindestens einer Nb-Ti Spule, die auf der US-Testanlage in einer grossen Konfiguration mit toroidalem Magnetfeld geprüft werden soll.
- (2) Im Juli 1977 wies der Ministerrat¹⁾ im Rahmen der mehrjährigen Tätigkeit der Gemeinsamen Forschungsstelle (1977-1980) ein Programm zur Fusionstechnologie mit folgenden Richtlinien zu²⁾:
- die GFS-Beteiligung an europäischen Studien zum Entwurf von Fusionsreaktoren, die bereits seit einigen Jahren durch eine Zusammenarbeit mit Frascati und Neapel praktiziert wird (FINTOR-Gruppe), zu verfolgen und zu intensivieren;
 - einen Beitrag bei der Analyse der Probleme zu leisten, die bei der Kernfusion mit den Fragen der Sicherheit und des Umweltschutzes zusammenhängen;
 - sich an den mit der Kernfusion verbundenen Materialuntersuchungen zu beteiligen, besonders bei Fragen der Strahlenschäden und bei der Beurteilung der Techniken und Ausrüstungen, die für solche Untersuchungen benötigt werden.
- (3) In fast allen assoziierten Laboratorien sind Systemstudien, nicht nur zu den Tokamaks sondern auch zu RFX (Culham), Internal Ring (Jülich, Stockholm), Belt/Screw Pinch (Petten, Jutphaas) durchgeführt worden. Eine auf Garching gestützte Gruppe ist führend bei der Einrichtung und Ausführung eines Computer-Modularprogramms zur Untersuchung verschiedener Kernfusionskonzepte.
- (4) Pellet-Einschuss als Brennstoffnachfüllmethode wird in Risø und Garching untersucht.
- (5) Zusätzlich zu dem hauptsächlichen Bemühen um die Entwicklung konventioneller supraleitender Magneten in Karlsruhe in Verbindung mit dem

1) Amtsblatt Nr. L200 vom 8.7.1977

2) Für Administration und Haushalt dieses Programms ist das JRC Ispra verantwortlich. Um ein geeinigtes Vorgehen der Gemeinschaft auf dem Gebiet der Kernfusion zu garantieren, wird diese Arbeit vom Direktor des Fusionsprogramms koordiniert; die Liaison Group - deren Mitglied das JRC ist - ist der beratende Ausschuss beim Programm-Management für die vom JRC durchgeführte Forschungsarbeit.

Projekt der grossen Spulen, werden einige anfängliche Arbeiten an bereits weiter entwickelten supraleitenden A-15 Materialien in Frascati, Petten und Saclay durchgeführt. Saclay ist auch an den Tests der mit superflüssigem Helium gekühlten Stromleiter für TORUS-II-Supra beteiligt.

- (6) In Jülich werden Experimente zur Thermodynamik der Li-T Systeme durchgeführt.
- (7) In Jülich und Harwell werden die Untersuchungen starker Neutronenschäden (Simulation) weitergeführt.
- (8) In Garching und Culham werden die von energiereichen Teilchen hervorgerufenen Oberflächenschäden erforscht.
- (9) Untersuchungen mit Neutronen laufen in Harwell, Jülich und Karlsruhe.

II.4.11 Ausführung

Die Bedeutung der Forschung auf dem Gebiet der thermonuklearen Fusion rechtfertigt mehr denn je das koordinierte Handeln der Gemeinschaft. Das, was bereits getan wurde, ist immerhin für einige Länder, die nicht zur Gemeinschaft gehören, so interessant dass sie um eine Assoziierung zum europäischen Fusionsprogramm ersuchten: ein erstes Abkommen wurde 1976 mit Schweden abgeschlossen; ein weiteres mit der Schweiz wird voraussichtlich 1978 folgen. Solche Abkommen führen zu Assoziationsverträgen.

Während des vorherigen Fünfjahresplans konnten aufgrund des Mobilitätsvertrages für das Personal etwa 40 Physiker und Ingenieure für einige Monate aus ihren eigenen in andere assoziierte Laboratorien überwechseln. Einen ähnlich häufigen Austausch hat es bereits während der ersten Hälfte des jetzigen Plans gegeben. Bei solchen Gelegenheiten findet häufig auch ein Austausch von Materialien (z.B. von diagnostischen Geräten) statt. Die Erforschung der Plasma-Wand Wechselwirkungen an TFR (Personal aus Garching und Jülich in Fontenay) und das Gemeinschaftsarbeitsprogramm an Wega (Personal aus Garching in Grenoble) gehörten zu den bedeutendsten Unternehmen der letzten Jahre. Diese enge Zusammenarbeit über nationale Grenzen hinweg kann einem Vergleich mit der besten innerhalb der Grenzen von Mitgliedstaaten erzielten standhalten.

Zur Durchführung ihres Fusionsprogramms verfügt die Europäische Gemeinschaft über:

- (1) einen Stab von 860 Wissenschaftlern, das JET-Team eingeschlossen (Mitte 1978). Das gesamte Personal, einschliesslich technische und verwaltende Hilfskräfte, beläuft sich auf etwas über 3000 Personen. Dieses Ensemble ist nicht lediglich die Summe von geographisch verteilten Untergruppen, sondern es stellt eine sehr integrierte Gruppe von Spezialisten dar, die in der Lage ist - wie in der Planungsphase des JET-Projekts gezeigt wurde - in europäischem Maszstab zusammenzuarbeiten;
- (2) 19 spezialisierte Laboratorien mit moderner Ausrüstung. Die Namen der entsprechenden Assoziationen werden in Tabelle I angegeben;
- (3) Organisationsstrukturen, die durch die Kommission geschaffen wurden und durch die die Arbeit eines jeden Laboratoriums in einem wahren europäischen Rahmen integriert wird. Durch diese Strukturen befinden sich die Mitgliedstaaten der Gemeinschaft in einer konkurrenzfähigen Position gegenüber anderen Fusionsprogrammen der Welt.

TABELLE I

Assoziationen und Organisationen	Länder	Daten	Laboratorien
EUR-CEA	Frankreich	1959	Fontenay-aux-Roses Grenoble
EUR-CNEN/CNR	Italien	1960	Frascati und (später) Padua und Mailand
EUR-IPP	Deutschland	1961	Garching
EUR-FOM	Niederlande	1962	Jutphaas, Amsterdam
EUR-KFA	Deutschland	1962	Jülich
EUR-EB	Belgien	1968	ERM und ULB
EUR-UKAEA	Grossbritannien	1973	Culham
EUR-DEA	Dänemark	1973	Risø
EUR-NSBESD	Schweden	1976	Stockholm, Göteborg, Studsvik
EUR-CH	Schweiz	1978 (?)	Lausanne
JET		1977	Culham benachbart
JRC		1977	Ispra

II.5 ZUSAMMENFASSUNG DER WESENTLICHEN FORTSCHRITTE WÄHREND DER ERSTEN DREI JAHRE DES LAUFENDEN PROGRAMMS

II.5.1 Tokamaks

Hinsichtlich der Qualität des Einschlusses wurden die neuesten Fortschritte in den USA erzielt, wo die $n\bar{T}$ -Werte von Alcator ($2 \cdot 10^{13} \text{ cm}^{-3} \text{ s}$ auf der Achse) nun durch PLT bestätigt wurden, der ausserdem eine Ionentemperatur von 2,5 keV erreicht hat. Diese Ergebnisse liegen nur um eine Grössenordnung unterhalb des Lawson'schen Kriteriums für $n\bar{T}$ und um weniger als einen Faktor 3 bei der Ionentemperatur. Ionentemperaturen über 2 keV wurden in Europa bereits 1976 bei TFR erreicht, wo die Ionentemperatur erstmals über die Elektronentemperatur stieg.

Hervorragende Fortschritte wurden innerhalb der Gemeinschaft neuerdings auf dem Gebiet der Plasmareinheit erzielt. Zu Beginn des Programms 1976-1980 erwies sich dies noch als ernstes Problem ($Z_{\text{eff}} \gg 3$). Reine Plasmen ($Z_{\text{eff}} \approx 1$) werden nun bei TFR, Dite und FT laufend hergestellt, und zwar aufgrund neuer Auslassreinigungsverfahren sowie aufgrund rascher Fortschritte bei der Diagnostizierung der Herkunft der Verunreinigungen und ihrer Verbreitung sowie ihres Verständnisses und ihrer Kontrolle. Ein Bündeldivertor wurde zum ersten Mal eingesetzt (Dite), und die "Kaltmantel"-Konzeption wurde klarer (Jutphaas, Stockholm).

Kürzlich entwickelte Feedback-Verfahren zur Kontrolle des Plasmagleichgewichts stehen nun zur Verfügung (Cleo-Tok, TFR 600, Tosca). Die Möglichkeit der Programmierung der zeitlichen Entwicklung der mittleren Plasmadichte, die zum ersten Mal bei Alcator und Pulsator getestet wurde, wird nun bei fast allen Experimenten erreicht.

Das gesamte Verständnis für die Tokamak-Physik hat sich substantiell verbessert, hauptsächlich infolge der bei TFR und Dite durchgeführten detaillierten Energiebilanzstudien.

II.5.2 Sonstige Vorrichtungen

Der Betrieb von Stellaratoren (Cleo, W-VII-A) mit Ohm'scher Aufheizung hat gezeigt, dass diese gemischten Anordnungen bessere Einschliessungseigenschaften aufweisen als äquivalente Tokamaks.

Ein wesentlich besseres Verständnis für die Pinches mit umkehrendem Feld, auf die sich die Linie "hohes Beta" konzentriert, hat zum Bau von zwei mittelgrossen Vorrichtungen geführt (Eta-Beta, HBTX-1A), die sich der Vollendung nähern.

II.5.3 Aufheizung

Auf dem Gebiet der Neutralteilcheneinschiessung sind die Ergebnisse des laufenden Programms jetzt schon bemerkenswert. Die erste Anwendung auf einen Tokamak (Cleo) vor nur vier Jahren erfolgte auf der Ebene von 50 kW, also weit unterhalb der Ohm'schen Aufheizung. Der Stand von 1 MW ist inzwischen erreicht worden; er übersteigt bei weitem die Ohm'sche Aufheizung, ohne die Plasmaeinschliessung (TFR, Dite) zu beeinträchtigen. Die Entwicklung von 1-MW-Aggregaten für JET befindet sich in einem fortgeschrittenen Stadium. Auch Multi-MW-Systeme sind im Bau (Dite, Asdex, TFR 604).

Hinsichtlich der Hochfrequenzaufheizung wurde durch die Gemeinschaft (Grenoble) ein hervorragender Beitrag zur Erprobung und zum Verständnis der Lower Hybrid Resonance Aufheizung geleistet. Das Transit Time Magnetic Pumping Experiment bei Petula war die erste erfolgreiche Anwendung (ohne pump-out) dieser Methode. Ermutigende Ersterfolge bei der Ionen-Zyklotron-Aufheizung wurden kürzlich bei TFR erzielt.

II.5.4 Trägheitseinschluss

Der sehr rasche Fortschritt der Welt auf diesem Gebiet ist von den bescheidenen europäischen Anstrengungen nicht erreicht worden; diese haben zu der Entwicklung eines 1-TW-Jodlasers (Garching), einigen Fortschritten beim Verständnis der Plasma-Licht Wechselwirkung und der Inangriffnahme einer experimentellen Arbeit in Frascati geführt.

II.5.5 Fusionstechnologie

Die auf diesem Gebiet bestehenden hauptsächlichen Probleme sind identifiziert worden. Darüberhinaus

- haben auf den Gebieten der Sicherheit und der Systemstudien sowie auf demjenigen der Werkstoffe im Anschluss an die Aufnahme dieser Themen in das GFS-Programm 1977-1980 neue Arbeiten in Ispra begonnen, wo gemeinsam mit Frascati (der FINTOR-Gruppe) bereits eine konzeptionelle Konstruktionsarbeit im Gange war. Vorbereitende Arbeiten an der Simulierung von Strahlungsschäden sind ebenfalls im Gange;
- hat auf dem Gebiet der supraleitenden Magnettechnologie nach dem Abschluss einer IEA-Durchführungsvereinbarung über den Beitrag der Gemeinschaft (IPP-Karlsruhe) in der Form einer supraleitenden Spule für das Grosse-Spulen Projekt (Oak Ridge) der Entwurf einer derartigen

Spule jetzt den Stand erreicht, bei dem die industrielle Fertigung erwogen wird. Die Tests bezüglich der Kühlung mit superflüssigem Helium finden zur Zeit statt (CEA-Saclay).

II.5.6 Schlussfolgerung

Der vorerwähnte Fortschritt zeigt, dass, im Vergleich zur Situation vor drei Jahren, die Tokamak-Plasmen heute besser eingeschlossen und besser aufgeheizt sind und eine wesentlich verringerte Verunreinigungskonzentration besitzen. Wir sind daher viel näher an dem für einen Kernfusionsreaktor benötigten Kriterium, und es besteht dementsprechend ein grösseres Vertrauen, dass die technische Durchführbarkeit eines Kernfusionsreaktors gezeigt werden kann.

KAPITEL III

VORGESCHLAGENES PROGRAMM

III.1 ERKENNTNISSE AUS DEN LANGFRISTIGEN PLANUNGSSTUDIEN

Exploratorische langfristige Planungsstudien, die im Rahmen des Programms der Gemeinschaft sowie in anderen Teilen der Welt durchgeführt wurden und bei denen davon ausgegangen wurde, dass es sich bei einem künftigen Kernfusionsreaktor um einen solchen des Tokamak-Typs handeln werde, haben eine Reihe möglicher Strategien aufgezeigt, mit denen das Ziel eines Demonstrationsreaktors erreicht werden kann. Diese Strategien führen zu unterschiedlichen Zeitplänen und Gesamtkosten; diese sind im wesentlichen abhängig von der akzeptierten Risikoebene (als Grössenordnung sei erwähnt, dass die Herstellung eines Demonstrationsreaktors etwa 25 Jahre und 10 Mrd. ERE erfordern könnte). Aber alle Strategien, auch wenn sie sich in späteren Phasen voneinander trennen, haben einen gemeinsamen Ursprung: alle Maschinen, die nach JET (oder seinen ausländischen Äquivalenten) gebaut werden, müssten Deuterium-Tritium Brenner sein, d.h. Maschinen, bei denen die Fusionsreaktionen lange Zeit hindurch aufrechterhalten bleiben. Die Europäische Gemeinschaft ist damit in der Lage, die Ziele ihres Kernfusionsprogramms für die nächsten Jahre auf physikalischem und technologischem Gebiet klar zu fixieren.

Die potentiellen Vorteile der verschiedenen langfristigen Strategien werden im Lichte neuer experimenteller Ergebnisse ständig überprüft werden. Ihre Schlussfolgerungen werden anlässlich jeder Programmüberprüfung formuliert werden und werden dazu beitragen, neue Zwischenziele zu definieren.

III.2 DIE ZIELE DES FÜNFJAHRESPLANS

III.2.1 Magnetischer Einschluss

Die ständigen Fortschritte bei den Tokamaks haben bereits zu einer fortschreitenden Konzentration der Anstrengungen in dieser Richtung geführt, und diese Konzentration wird auch während des Plans 1979-1983 anhalten. Forschungsarbeiten an Stellaratoren mit niedrigem Beta sowie an Apparaturen mit hohem Beta, die möglicherweise zu Alternativlösungen führen könnten, werden in einigen Forschungsstätten durchgeführt werden und werden etwa 10% der gesamten Anstrengungen auf sich vereinen. Für Spiegelmaschinen sind keine experimentellen Arbeiten vorgesehen.

Die Hauptziele des Programmes sind:

- die Vollendung des Baus von JET und dessen Inbetriebnahme. Die Kommission hat dem Rat bereits mehrere Dokumente^{*)} unterbreitet, die zur Billigung der Bauphase des JET Projekts und dessen Einfügung in das Programm Fusion geführt haben. Dieses wichtige Vorhaben wird daher in dem vorliegenden Programmvorschlag nicht noch einmal in allen Einzelheiten beschrieben;
- die Gewinnung ausreichender physikalischer und technologischer Erkenntnisse, um während dieses Fünfjahreszeitraums die auf JET folgende(n) Maschine(n) definieren zu können, damit deren Bau im nachfolgenden Programm in Angriff genommen werden könnte. Insbesondere sollten die Forschungsarbeiten das optimale Feld und die optimale Grösse der auf JET folgenden Maschine(n) bestimmen, eine Beurteilung der Frage ermöglichen, ob diese Maschine(n) Tritium produzieren und Elektrizität herstellen sollte(n), und experimentelle Informationen über die Ratsamkeit des Einsatzes von supra-leitenden Spulen liefern.

Dies bedingt:

- den Bau des JET, der 1983 oder früher (siehe Paragraph III.3.2.1) betriebsbereit sein soll, und die Ausarbeitung des Experimentierprogramms;
- die Beschaffung zahlreicher physikalischer Schlüsselinformationen aus toroidalen Maschinen mittlerer Grösse des Tokamak-Typs und anderer Typen;
- die Entwicklung starker Zusatzheizsysteme, insbesondere im Hinblick auf deren Anwendung bei JET;
- die Durchführung eines gehaltvollen Technologieprogramms, insbesondere auf den Gebieten der Werkstoffe, der Supraleitfähigkeit, der Behandlung des Tritiums, der Fernbedienung und der Systemstudien;
- den Bau eines mittelgrossen, supraleitfähigen Tokamaks mit dem Ziel des Studiums der Profilformen und der Plasmaaufheizung, falls die ersten Versuche mit superflüssigem Helium positive Ergebnisse zur Folge haben;

^{*)} Insbesondere: R/820/78 (ATO 17) vom 10.4.1978

- den Bau eines mittelgrossen Tokamaks mit sehr hohem Feld (VHFT) zum erstmaligen Studium einiger spezifischer Probleme eines "brennenden" Plasmas, wenn die ersten Studien ein akzeptables Verhältnis zwischen Risiko und Kosten erkennen lassen;
- die Inangriffnahme von Konstruktionsstudien von JET-Nachfolgemaschinen.

Ein weiteres Ziel des Programms besteht in der Beurteilung der Frage, bis zu welchem Punkt andere Systeme der magnetischen Einschliessung (Stellaratoren, Pinch mit umkehrendem Feld) eine echte Alternative für Tokamaks sind.

III.2.2 Trägheitseinschluss

Die Lage in Europa ist unbefriedigend, und wird dies wahrscheinlich noch für einige Zeit bleiben. Während die in anderen Ländern bereits erzielten Ergebnisse zu einer raschen Beschleunigung der amerikanischen, sowjetischen und japanischen Programme geführt haben, haben politische Empfindlichkeiten aufgrund der Nähe einiger ziviler und militärischer Interessen auf diesem Gebiet die Kommission entgegen ihren eigenen Wünschen zur Vorlage eines Minimalprogramms veranlasst, das jedoch ausreicht,

- um eine kritische Würdigung der andernorts erzielten Fortschritte zu ermöglichen;
- um bedeutsame Beiträge zur Lösung einiger Schlüsselprobleme zu leisten, was eine Grundvoraussetzung für einen fruchtbaren Informationsaustausch mit ausländischen Forschungsstätten ist;
- um einen Kern kompetenter Wissenschaftler zusammenzuhalten, der als Sammelstelle für die auf verschiedene zivile Forschungsstätten verstreute europäischen Anstrengungen dienen und im nächsten Plan den Bau eines grossen Kernfusions-Durchführbarkeitsexperiments ermöglichen kann, wenn die erforderlichen politischen Beschlüsse getroffen werden.

Eine Änderung in der diesbezüglichen Politik Europas ist von wesentlicher Bedeutung, wenn die in anderen Ländern geplanten entscheidenden Experimente die erwarteten Ergebnisse zeitigen, wie z.B. einen "breakeven" im Jahre 1983.

Jedenfalls wird sich die Kommission mit ihren begrenzten Mitteln um eine wirksame Zusammenarbeit mit anderen zivilen Forschungsstätten bemühen, wie dies in der Vergangenheit bereits beim Plasmafokus der Fall war.

III.3 MAGNETISCHER EINSCHLUSS

III.3.1 Hauptprobleme

- 1) Qualität der Einschliessung. Es hat sich herausgestellt, dass das Produkt von Dichte und Einschliessungsdauer ($n\tau$) der wichtige Parameter ist. Es ist eines der Programmziele, die Voraussetzungen und die Qualität der Einschliessung zu verbessern und insbesondere:
 - die empirischen Gesetze, denen τ unterworfen ist, zu ermitteln, besonders seine Abhängigkeit von "n", die bisher noch nicht ganz klar ist;
 - die Grenzen zu bestimmen, die sich durch heftige, als "Zusammenbrüche" bezeichnete, Instabilitäten ergeben.

Mit der während dieses Plans (JET eingeschlossen) abzuschliessenden Generation von Experimenten sollen Werte von annähernd 10^{14} cm^{-3} Sekunde erzielt werden, d.h. Werte, die eine Grössenordnung höher liegen als die gegenwärtig erzielten.

- 2) Beta-Werte. Um wirtschaftlich zu sein, muss ein Tokamak-artiger Reaktor β -Werte von 5-10 % ergeben (in gewissen Maschinen sind bereits Mittelwerte von 2% erzielt worden). Dieser Punkt ist sehr wichtig, da die Qualität der Einschliessung stark verbessert werden könnte, wenn der Plasmadruck verglichen mit dem magnetischen Druck höhere Werte erreicht. Indem man den Einfluss nicht-kreisförmiger Plasmaquerschnitte und Plasmaformierung abtestet, hofft man, während dieses Plans zu Systemen zu kommen, in denen β einige Prozent erreichen könnte.
- 3) Temperatur. Die Zündung (der Punkt, an dem die nukleare Aufheizung die Energieverluste des Plasmas überschreitet) erfordert Ionentemperaturen, die höher als die im Augenblick erzielten liegen. Solche Temperaturen scheinen mit der zur Verfügung stehenden Technologie bereits erreichbar zu sein, vorausgesetzt, dass die Einschliessungseigenschaften durch die

Einwirkung hoher Ionentemperaturen nicht zu stark vermindert werden. Die Minimaltemperatur, die erreicht werden muss, hängt von der Einschliessungsqualität und der Reinheit des Plasmas ab und liegt oberhalb von 5 keV.

- 4) Verunreinigungen wurden bisher wegen der starken Strahlungsverluste, die sie verursachen, als eines der schwierigsten Probleme angesehen. Inzwischen ist die Situation verbessert, obwohl noch viele Fragen offen bleiben. Der akzeptable, niedrige Verunreinigungsgrad, der kürzlich erzielt wurde, muss bei längerer Betriebsdauer und wenn leistungsstarke Neutralteilcheninjektion eingesetzt wird, aufrechterhalten werden. Die Herkunft der Verunreinigungen sowie ihre Dynamik und ihre Kontrolle müssen weiter erforscht werden. Dieses Problem ist eng verknüpft mit Plasma-Wand Wechselwirkungen und im Falle eines Reaktors mit Brennstoffauffüllung und Abgasen.
- 5) Abgase und Brennstoffauffüllung. Bei Langpuls- oder Dauerbetrieb müssen Mittel zum Absaugen der Reaktionsprodukte und Auffüllen des Brennstoffes vorhanden sein. Abgasuntersuchungen mittels "Divertoren" werden in Dite fortgesetzt und werden die Hauptaufgabe von Asdex (mit einem anderen Divertortyp) sein. Möglichkeiten zum Abpumpen von Helium (das Hauptreaktionsprodukt) und Handhaben grosser Mengen heisser Abgase werden untersucht werden. Arbeiten zu dem "Kalthüllen"-Projekt, eine Alternativmöglichkeit, werden fortgesetzt. Brennstoffauffüllung mittels Pellets, Clusters und Gas-Eingabe (über die obenerwähnte Kalthülle) wird notwendig sein und während des Plans intensiv erforscht werden.
- 6) Alpha-Partikel. Das Heliumproblem ist nicht nur mit der Frage der Verunreinigungen verknüpft, sondern auch mit den Fragen der Aufheizung und der Einschliessung. Die Anwesenheit vieler energiereicherer Alpha-Teilchen (Heliumionen) wird ein wichtiges neues Kennzeichen für einen Deuterium-Tritium Brenner sein. Diese Frage wird behandelt, wenn JET in Betrieb ist und möglicherweise auch mit einer weiteren Apparatur, die jetzt gerade definiert wird, und die vorläufig als "VHFT" (Very High Field Tokamak) bezeichnet wird.

III.3.2 Apparaturen (siehe Tabelle II)

1. JET. Die wichtigsten Bemühungen im Rahmen des Programms werden JET gewidmet, was sowohl für die Physik als auch für den finanziellen und den personellen Aufwand gilt. In dem ersten Vorschlag¹⁾ waren für die Betriebsphase des JET zwei Stufen - eine Grundstufe und eine erweiterte Stufe - in Betracht gezogen.

Die Grundstufe entspricht den exploratorischen Studien unter Verwendung eines Wasserstoffplasmas in einem Magnetfeld von 27,7 kG; die Flachwertzeit des Magnetfeldes beträgt 20 Sekunden, der Plasmastrom erreicht 3,8 MA (in einem D-förmigen Plasma), und durch Neutralteilcheninjektion wird eine Heizleistung von 10 MW erzielt.

Die Strukturen werden von Anfang an so ausgelegt, dass in einer späteren Stufe zu einer erweiterten Leistung übergegangen werden kann. In diesem Bereich wird das Magnetfeld auf 34,5 kG mit einer auf 10 Sekunden verringerten Flachwertzeit gebracht und der Plasmastrom wird auf 4,8 MA erhöht. Für diese zweite Phase wird man neue Energieversorgungssysteme benötigen, sowohl für das toroidale Magnetfeld als auch für die Zusatzheizung, deren Leistung auf 25 MW gebracht werden muss. Das Arbeitgas wird Deuterium sein. Wenn diese Phase erfolgreich ist, dürfte die spätere Verwendung einer D-T Mischung einen erheblichen Teil der thermonuklearen Selbstheizung in der Größenordnung von 10 MW bestreiten.

- Bisher wurde folgender Plan in Betracht gezogen: Der Zeitraum 1979-1983 entspricht in etwa der auf fünf Jahre veranschlagten Bauphase, während die Herstellung aller grösseren Maschinenteile bis Mitte 1981 zum Abschluss gebracht wird. Zu diesem Zeitpunkt dürfte die Montagehalle fertig sein; die Fertigstellung der Torus-Halle wird Anfang 1982 erwartet; die vollständige Installierung dürfte ein Jahr später fertiggestellt sein. Weitere sechs Monate werden für Tests und Inbetriebnahme erforderlich sein, ehe Mitte 1983 - gegen Ende des Programms - das experimentelle Programm in Angriff genommen wird. Die Hauptaufgaben der ersten Phase des Betriebs sind die Untersuchung des Verhaltens eines Plasmas mit Parametern, die denen eines Fusionsreaktors nahekommen, die Untersuchung der Plasma-Wand Wechselwirkungen unter diesen Bedingungen, und die Untersuchung der Plasmaheizung. Bei diesem Zeitplan würde die zweite Phase etwa 1985 anlaufen.

1) EUR-JET-R5, September 1975

Tabelle II - Wichtigste Apparaturen mit magnetischem Einschluss

Experimente	Sitz	Hauptziele und Kennzeichen
J E T (2)	Culham	Skalierung, Plasma-Wand Wechselwirkung, Plasmaaufheizung, Alpha-Partikel
Tokamaks mittlerer Grösse		
T F R (1)	Fontenay	Skalierung, Plasmaquerschnitte, Aufheizung
Dite (1)	Culham	Bundle divertor, NI-Heizung, Verunreinigungen
F T (1)	Frascati	Hohes Magnetfeld, hohe Plasmadichte, starke Ströme
Asdex (2)	Garching	Poloidaler Divertor, hohe Ionentemperatur
Textor (2)	Jülich	Plasma-Wand Wechselwirkungen, Verunreinigungen
Torus II (3)	(CEA)	Plasmaquerschnitte, Aufheizung, supraleitende Magnete (?)
V H F T (3)	Garching	Sehr hohes Magnetfeld, adiabatische Kompression, Zündung (?)
Andere Tokamaks		
Petula (1)	Grenoble	RF-Heizung
Erasmus (1)	Brüssel	RF-Heizung
T C A (2)	Lausanne	RF-Heizung
Wega (1)	Grenoble	RF-Heizung
Torture (1)	Jutphaas	Turbulenz-Heizung
Thor (1)	Mailand	Run-away Elektronen, RF-Heizung
Ringboog (1)	Jutphaas	Kalthülle
Dante (1)	Risø	Pellet-Entnahme
Spica (1)	Jutphaas	Hoch-Betaverhalten
Tosca (1)	Culham	Hoch-Beta (nichtkreisförmiger Querschnitt)
Andere toroidale Apparaturen		
W-VII-A (1)	Garching	Stellarator mit NI-Heizung
Cleo (1)	Culham	Stellarator mit RF-Heizung
HBTX-1A (2)	Culham	Pinch mit umkehrendem Feld
Eta-Beta (1)	Padua	Pinch mit umkehrendem Feld
R F X (3)	Culham	Pinch mit umkehrendem Feld bei erhöhter Leistung
F-IV (2)	Stockholm	Kalthülle

- Jedoch sind in der letzten Zeit mehrere sehr ermutigende Ergebnisse im Bereich der Tokamaks erzielt worden (II.2.1): gutes Verhalten von Hochtemperaturplasmen ($T_i > 5$ keV im stossfreien Bereich, zufriedenstellende Zunahme der Plasmaenergieeinschlusszeit mit den Dimensionen (sie variiert entsprechend dem Quadrat des kleinen Plasmaradius), Zunahme der Energieeinschlusszeit mit T_e und n , Unempfindlichkeit der Energieeinschlusszeit gegenüber Magnetfeld und Plasmastrom, Erfolg bei der Erlangung sauberer Plasmen, positive experimentelle und theoretische Ergebnisse in Bezug auf den maximal-erzielbaren Beta-Wert. Diese Fakten sowie die Prüfung der Zeitpläne für andere grosse Apparaturen - TFTR (USA) soll Anfang 1982 in Betrieb gehen und könnte 1983 mit einer auf Neutralteilcheninjektion basierenden Heizung von 45 MW ausgestattet werden; JT 60 (Japan) soll Ende 1982 betriebsbereit sein - haben das JET-Team veranlasst, den Zeitplan für JET zu überdenken. Es wird ein Vorschlag ausgearbeitet, der auf eine mögliche Beschleunigung der Bauphase abzielt (JET soll Ende 1982 für die Grundleistung bereit sein). Ausserdem prüft das JET-Team die Möglichkeit, in einer früheren als der ursprünglich vorgesehenen Stufe und selbst während der Bauphase zu der erweiterten Leistung überzugehen. Im Hinblick darauf könnte es sich als notwendig erweisen,
 1. zu Beginn der Betriebsphase 25 MW an Zusatzheizung zur Verfügung zu haben, was die Installierung eines Netzanschlusses von 125 MW (für beide Heizmethoden geeignet) notwendig macht;
 2. die wichtige Methode der HF-Heizung mit Nachdruck in den grössten verfügbaren Tokamak-Apparaturen zu erproben, damit rechtzeitig ein Beschluss für JET gefasst werden kann;
 3. zusätzliche Energieversorgungssysteme zur Erzeugung des stärkeren Magnetfeldes zu installieren;
 4. die Entwicklung der Fernbedienung und der Tritium-Ausrüstung mit grösserem Nachdruck zu betreiben.
- Eine Extrapolation der seit kurzem vorliegenden Ergebnisse zeigt, dass der Betrieb bei erweiterter Leistung zu folgenden Plasma-Parametern führen könnte: $T_i \sim 15$ keV, $n \sim 10^{14} \text{ cm}^{-3}$, $\beta \sim 6\%$. Die Energieeinschlusszeit könnte zwischen 0,5 und 5 s liegen, und bei Verwendung eines D-T Gemischs könnte eine Fusionsleistung von rund 100 MW erzeugt werden.

2) Andere Tokamaks. JET allein könnte nicht alle Informationen liefern, die für die Weiterführung des Fusionsprogramms benötigt werden. JET ist in ein Programm von kleineren, ergänzenden Experimenten integriert, die zur Untersuchung spezieller Punkte besser ausgestattet sind. Einige der betreffenden Apparaturen sind bereits in Betrieb, andere werden während dieses Plans fertiggestellt (diejenigen, die speziell für Aufheizungsstudien geplant sind, werden in Paragraph III.3.3 behandelt). Dieses zusammenhängende Programm ist so gestaltet, dass es so sorgfältig wie möglich alle Probleme abdeckt, die innerhalb der Tokamaklinie gelöst werden müssen. Es ist auf einige wichtige Apparaturen ausgerichtet: Dite (Culham), FT (Frascati), TFR (Fontenay-aux-Roses), Asdex (Garching) und Textor (Jülich, nach 1981). Jede Apparatur ist auf Untersuchungen mehrerer, unter III.3.1 erwähnter Hauptfragen spezialisiert. In jedem Fall kann die Plasmaleistung durch angemessene Aufheizung erhöht werden. Kleinere Tokamaks haben spezifische Aufgaben: Ringboog (Jutphaas) ist für "Kalthüllen" (cold mantle) Untersuchungen bestimmt und arbeitet mit dem Stockholmer Laboratorium zusammen (Modellversuche), Dante (Risø) arbeitet in Verbindung mit Garching und Culham über "pellet ablation". Tosca (Culham) und das Tokamakähnliche Experiment Spica (Jutphaas) sind damit befasst, die Möglichkeiten von hohen Betas für Tokamakkonfigurationen zu bewerten.

3) Neue Tokamaks. Je nach dem Ergebnis der z.Zt. laufenden konzeptionellen und experimentellen Vorstudien könnte der Bau von zwei neuen Maschinen (Torus II und VHFT) in Angriff genommen werden. Diese Maschinen werden insbesondere das Ziel verfolgen, zwei Prozesse zu demonstrieren, die für den Schritt nach JET wesentlich sind, die jedoch mit den vorhandenen Maschinen nicht behandelt werden können:

- die Anwendbarkeit supraleitender Spulen auf einen echten Tokamak;
- die Selbstaufheizung eines DT-Plasmas und die Auswirkung von Alphapartikeln auf den Plasmaeinschluss.

Torus II, ein mittelgrosser supraleitender Tokamak, befindet sich in der Endphase der Planung im Rahmen der Assoziation EURATOM-CEA. Die Versuche über die Magnetkühlung durch superflüssiges Helium laufen. Ein endgültiger Beschluss über den Bau sollte 1979 getroffen werden. Diese Maschine würde ein grosses technologisches Interesse bieten und würde dem Studium der Hochenergie-Zusatzheizung dienen (möglicherweise mit Hochfrequenz) sowie Untersuchungen der bedeutsamen Frage der Formung des Plasmaprofils erleichtern.

Der VHFT, ein Tokamak mit sehr hohem Feld, befindet sich derzeit im Stadium der Vorstudie und soll die kürzlich beim Betrieb mit hohen Dichten und mit hohen magnetischen Feldern erzielten Fortschritte weiterführen. Die Definitionsphase dürfte Ende 1978 abgeschlossen sein, und mit der konkreten Planung könnte 1979 begonnen werden. Die Extrapolation der empirischen Einschlusszeit auf höhere Dichten und die Verwendung einer starken Ohm'schen Aufheizung (hohe Stromdichte), möglicherweise in Verbindung mit anderen Heizverfahren (Neutralteilcheneinschiessung, adiabatische Kompression) dürfte bei einer Deuterium-Tritium Mischung zur Zündung führen. Eine derartige experimentelle Zündungsanordnung würde mit Unterstützung von Frascati in Garching gebaut werden. Diese Zusammenarbeit könnte auf internationaler Ebene erweitert werden.

- 4) Andere toroidale Apparaturen. Auf Linien, die sowohl als alternativ wie auch als unterstützend zur Tokamaklinie betrachtet werden können, wurden einige Aktivitäten beibehalten. Dies gilt besonders für Stellaratoren und Pinches mit umkehrendem Feld.

Die Stellaratoren sind mit zwei Apparaturen vertreten: W-VII-A (Garching) und Cleo (Culham). Stellaratoren mit niedrigem Beta können zum Verständnis der Transporteigenschaften in Tokamaks beitragen. Die positive Wirkung äusserer, spiralförmiger Magnetfelder auf die Plasmastabilität ist von Interesse, aber ihr Ursprung und ihre Möglichkeiten bei einer Anwendung auf Reaktoren sind noch unklar. Ernsthafte Anstrengungen werden unternommen, um zu gesamtstromfreiem Betrieb zu gelangen. Konfigurationen, die sich von klassischen Stellaratoren unterscheiden (d.h. toroidales Hauptfeld plus einem Magnetfeld aus spiralförmigen Windungen) werden in schnellen Verdichtungsexperimenten untersucht. Sie können auch in einer neuen Ersatzeinheit für W-VII verwendet werden. Gegenwärtig wird kein neuer Stellarator geplant. Untersuchungen mit Pinches mit umkehrendem Feld werden durch zwei Apparaturen weitergeführt: HBTX 1A (Culham) und Eta-Beta (Padua), im Rahmen einer engen Zusammenarbeit zwischen beiden Laboratorien. Die nächste Stufe wäre das grosse, von Culham vorgeschlagene RFX-Experiment, innerhalb des Kooperationsprogramms mit Padua.

- 5) Planungsgruppen. Eine Definitionsgruppe sollte im Jahre 1979 damit beginnen, den über JET hinausgehenden Schritt zu definieren und besonders zu bestimmen, ob es eine oder zwei "post-JET"-Apparaturen geben soll und ob die unmittelbar auf JET folgende Maschine elektrische Energie erzeugen soll oder nicht.

Definitionsarbeit für den DEMO-Reaktor wird intensiviert werden. Die FINTOR-Gruppe (gemeinschaftlich arbeitende Gruppe von Frascati-Ispra-Neapel) als Kerngruppe wird im Jahre 1979 damit anfangen.

Diese beiden Gruppen werden engen Kontakt unterhalten, auch mit der für die langfristigen Planungen verantwortlichen Kerngruppe, die in Brüssel ihre Arbeit fortsetzen wird.

III.3.3 Aufheizungsverfahren

Schon zu Beginn des Euratom-Fusionsprogramms hat sich herausgestellt, dass die Plasmaheizung eines der grossen Probleme innerhalb der thermoklearen Fusionsforschung sein würde. Angesichts der jüngsten Ergebnisse erscheint dieses Problem immer wichtiger: um ihre maximale Leistung zu erreichen, brauchen JET und die Apparaturen mittlerer Grösse starke Zusatzheizung. Da wirkungsvolle Heizmethoden jetzt anfangen zur Verfügung zu stehen, ist es notwendig und vernünftig eine beträchtliche Erweiterung des Aufheizungsprogramms vorzuschlagen.

Für Maschinen bis zur Grösse des JET ist die Neutralteilcheninjektion auf der Grundlage positiver Ionenquellen eine annehmbare Lösung; bei grösseren Maschinen lässt sie sich jedoch schwierig anwenden. Zwei Alternativ-Lösungen werden gegenwärtig erforscht: die Hochfrequenzheizung und die Neutralteilcheninjektion auf der Grundlage negativer Ionenquellen. Während der kommenden Jahre wird man sich bemühen, das jeweilige Wirkungsvermögen dieser beiden Lösungen zu beurteilen. Wissenschaftliche und technologische Entwicklungen werden fortlaufend in ausgewählten Laboratorien konzentriert, die die anderen Laboratorien in der Gemeinschaft beraten und gegebenenfalls unterstützen. Dies ist bei der Neutralteilcheninjektion der Fall, die gemeinschaftlich an Fontenay und Culham vergeben worden ist. Die Arbeiten für die Hochfrequenzheizung sind grösstenteils beim CEA (und in der ERM) konzentriert.

- (1) Aufheizung durch Neutralteilcheneinschuss. Sie beruht auf dem Einschliessen eines Strahls sehr schneller Neutralteilchen, die sich

durch Neutralisation beschleunigter Ionen ergeben. Die gegenwärtig verwendeten Quellen liefern positive Ionen, die gut an das augenblickliche Energieniveau angepasst sind. In grösseren Maschinen werden allerdings höhere Energieniveaus benötigt, für die der Wirkungsgrad der Neutralisierung positiver Ionen so gering ist, dass eine Umstellung auf negative Ionenquellen notwendig erscheint. Diese sind gegenwärtig jedoch viel weniger weit entwickelt. Man sollte sich daher im Verlauf dieses Fünfjahresplans bemühen, Quellen und Beschleuniger von negativen Ionen zu erarbeiten, damit zu Beginn des nächsten Plans die Injektion auf der Grundlage negativer Ionen auf einem Niveau von 1 MW entwickelt werden kann. Abschirmung der Injektoren nach der Zündung des Plasmas könnte diese Methode in einem Reaktor verwendbar machen. Hier sind weitere Untersuchungen notwendig. Gegenwärtig hat die Zusammenarbeit zwischen Culham und Fontenay-aux-Roses die Produktion von 1 MW 80 keV H^0 -Einheiten bei positiver Ionenquelle zum Ziel. Diese Entwicklung ist notwendig für JET, der eine Neutralteilcheninjektion von 10 MW für die Grundleistung sowie einige 25 MW für die erweiterten Leistungen braucht; aber sie ist auch für bereits oder bald fertiggestellte Maschinen mittlerer Grösse nötig: Dite, TFR 604, Torus II, Asdex, Textor und Wendelstein VII-A. Verträge zur Lieferung von Systemen zur Neutralteilcheninjektion sind bereits zwischen den Assoziationen unterzeichnet worden. Eine beträchtliche Steigerung der Gesamtwirksamkeit dieser Systeme wird erreicht werden, wenn die gegenwärtig anlaufende Entwicklung von Rückgewinnungssystemen erfolgreich ist. Es ist vorgesehen, die gegenwärtigen Techniken so zu erweitern, dass 1 MW 160 keV D^0 -Einheiten realisiert werden.

- (2) Hochfrequenzheizung. Sie ist noch nicht so weit fortgeschritten wie die Neutralteilcheninjektion. Die Physik der Wechselwirkung zwischen elektromagnetischen Wellen und Plasmen bei der Aufheizung wird aktiv erforscht. Forschungsarbeit wird an einer Reihe möglicher Schemata geleistet, die durch die Frequenz, bei der sie arbeiten, gekennzeichnet werden. Es ist beabsichtigt, sich während dieses Plans fortschreitend auf die den meisten Erfolg versprechenden Verfahren zu konzentrieren und sie auf ein Energieniveau zu bringen, das mit der zur Zeit durch Neutralteilcheninjektion erzielten vergleichbar wäre (etwa 1 MW). Vor Ende des Plans sollte es dann möglich sein, die für JET und "post-JET" geeignetsten Methoden auszuwählen und ihre Vorzüge mit denen der Neutralteilcheninjektion zu vergleichen.

Folgende Leitlinien werden vorgeschlagen:

- im Bereich niedriger Frequenzen (≈ 100 kHz) sollten Petula (Grenoble) und möglicherweise seine verstärkte Version, die Informationen liefern, die für eine Extrapolation auf Torus II und JET nötig sind;
- im Bereich der mittleren Frequenzen (1-100 MHz) werden die entscheidenden Tests an TFR durchgeführt. Erasmus und TCA (Lausanne) werden ergänzende Informationen dazu liefern;
- der Bereich der hohen Frequenzen (≈ 1 GHz) wird durch Wega (Grenoble) abgedeckt. Dies ist ein gemeinsames Experiment von Garching und Grenoble unter Mitarbeit von ERM. FT und vielleicht Asdex werden ebenfalls beitragen. Ein späterer Test auf JET ist vorgesehen. Die industrielle Entwicklung leistungsstarker Klystrons ist erforderlich;
- für den Bereich sehr hoher Frequenzen (≥ 30 GHz) müssen grosse Anstrengungen unternommen werden, um die erforderliche Technologie zu entwickeln. Die ersten Versuche sind in Culham und Mailand geplant (50 GHz-Gyrotrons für Cleo und 28 GHz-Gyrotrons für Thor und Tosca). Wenn die Entwicklung erfolgreich ist, könnte diese Methode in den gegenwärtigen Tokamaks (Dite, TFR) verwendet werden.

- (3) Ohm'sche Aufheizung und andere Methoden. Die guten Ergebnisse, die an Alcator (USA), einer kompakten Anlage mit starkem Magnetfeld, erzielt worden sind, weckte das Interesse, die Grenzen der Ohm'schen Aufheizung bei Einsatz sehr starker Magnetfelder zu erfassen. In Garching wurde unter Mitarbeit von Frascati eine Arbeitsgruppe eingesetzt, die die Möglichkeiten und die Risiken, die in einem solchen, unter der Bezeichnung "Very High Field Tokamak" (VHFT, siehe III.3.1) bekannten Experiment stecken, bewerten soll.

Eine weitere wirksame Aufheizungs-methode, die adiabatische Kompression, die schon früher gründlich getestet worden ist, ist in sich in ihrer Dauer begrenzt. Sie kann bei JET eingesetzt werden. Die Anwendung einer solchen Methode bei VHFT könnte helfen Zündungstemperaturen zu erreichen, bei denen die Aufheizung durch α -Teilchen einsetzen würde.

Andere Aufheizungsverfahren, wie Stosswellenheizung, Turbulenzheizung (Jutphaas), implodierende "Liners", Aufheizung durch Laser- oder relativistische Elektronenstrahlen (Amsterdam) werden exploratorisch untersucht werden.

III.3.4 Theoretische und numerische Untersuchungen

Alle oben genannten Arbeitsgebiete umfassten sowohl experimentelle wie theoretische Studien. Zum Verständnis von Plasmaeinschluss und -heizung ist theoretische Arbeit wesentlich, damit die experimentellen Ergebnisse, die in Europa oder anderswo erzielt werden, richtig bewertet werden können. Diese Bewertungen ermöglichen begründete Extrapolationen auf neue Bedingungen, die sich, wenn die Reaktoren näherrücken, ergeben.

Da für Verständnis und Voraussage jetzt viel mehr Details notwendig sind, werden Rechenverfahren in steigendem Mass eingesetzt werden. Technische Diskussionen finden statt, um die Koordination von Fusionsberechnungen in Europa auszubauen. Dies sollte zu einem leichteren Austausch von Rechenprogrammen und zu abwechselndem Zugang zu Rechenanlagen in den verschiedenen Laboratorien führen. Um endgültige Vorschläge zu formulieren, wurde eine Studie zu diesem Thema gefordert.

III.3.5 Andere Aktivitäten

Theoretische und experimentelle Grundlagenforschung im Bereich der Plasmaphysik sind weitgehend auf die Universitäten verlagert worden. Eine solche Zusammenarbeit hätte den zusätzlichen Vorteil, dass eine Reserve an jungen Wissenschaftlern und Ingenieuren ausgebildet wird, die für ein erweitertes Programm erforderlich sein könnten.

III.4 FUSIONSTECHNOLOGIE

III.4.1 Einleitung

Die Hauptziele des technologischen Teils des Fünfjahresplans sind die Planungen und die notwendige technologische Unterstützung für die "post-JET"-Phase. Das vorgeschlagene Programm bezieht sich auf folgende grössere Gebiete:

- Systemstudien
- Sicherheit und Umweltbelastung
- Technologie supraleitender Magnete
- Tritium- und Blankettechnologie
- Technologie der Werkstoffe.

Das ursprünglich von den Expertengruppen ("expert groups") vorgeschlagene Technologieprogramm war umfangreicher und ehrgeiziger als das hier vorgelegte. Trotz des grossen Interesses an einem so umfassenden Programm

musste die Kommission das entsprechende Budget drastisch kürzen, um die Gesamtkosten einzugrenzen. Dies geschah durch eine Beschränkung auf die dringendsten Probleme, insbesondere auf die Probleme die mit der Planung und dem Bau der "post-JET"-Maschinen in direktem Zusammenhang stehen. Daher mussten Forschungsbereiche wie die intensive 14 MeV Neutronenquelle, die Planung supraleitender Magnete für zeitvariable Ströme oder eine Testschleife für Tritiumbrütende Blanketmodule zurückgestellt werden bis zur Programmrevision 1981 oder früher als Teil des GFS-Programms, falls dies erweitert wird. Andererseits könnten Forschungsprogramme, die gegenwärtig ausserhalb des Fusionsbereichs aber mit ähnlichen Zielen (z.B. Werkstoffentwicklung in den schnellen Brütern) durchgeführt werden, in Zusammenarbeitsprogramme für die Fusionstechnologie eingebracht werden.

Es muss noch bemerkt werden, dass dieser Fünfjahresplan keine Entwicklungsarbeit an Themen wie kryogenio- oder wassergekühlten Magneten für starke Felder oder grosse Stromgeneratoren enthält, da diese gegenwärtig innerhalb der auf Apparaturen bezogenen Projekte, z.B. JET, entwickelt werden.

III.4.2 Systemstudien

Systemstudien haben die Funktion, Konzepte von Kernfusionskraftwerken zu entwickeln, die Merkmale des Zielbereichs oder des technischen Optimums zu bezeichnen und die damit verbundene Analyse der Parameterempfindlichkeit zu erbringen. Systemstudien werden ausserdem für ein Umreissen der Parameter der Zwischenstufen nützlich sein. Zur richtigen Einschätzung der Liste von Systemen, zu denen die Arbeiten hingeführt werden müssen, ist es erforderlich, die Grundentscheidung des europäischen Programms zu berücksichtigen. Es sind demnach gegenwärtig keine Studien an Spiegelmaschinen und Systemen mit Trägheitseinschliessung vorgesehen. Das Hauptbemühen wird dagegen dem Tokamakkonzept (pulsierend oder im Quasi-Dauerbetrieb) gelten; es wird einiges Bemühen um andere Systeme geben, z.B. um ein Spaltungs-Fusions Hybrid-System, um den Pinch mit umkehrendem Feld und um die Belt/Schraubenpinchreaktoren, ausserdem um Aufheizungsverfahren in Fusionsreaktoren.

In Konzeptstudien für DEMO, bei denen die GFS eine führende Rolle spielen wird, werden die Forschungsergebnisse der Laboratorien der Assoziationen in einen ständig aufs neue definierten Plan des Reaktors eingebaut werden. Es ist wichtig, dass Entwürfe für Fusionsreaktoren schon Fernsteuerungs-

möglichkeiten für jede notwendige direkte Bedienung sowie für Reparaturen enthalten. Ein aktives Programm zur Anwendung von Manipulatoren wird innerhalb des JET-Projekts entwickelt. Ein begrenzter, zusätzlicher Aufwand für die Entwicklung von Allzweckmanipulatoren ist in dem Technologieprogramm enthalten.

III.4.3 Sicherheit und Umweltbelastung

Die Hauptuntersuchungen von Fragen der Sicherheit und Umweltbelastung bei Fusionsenergie werden auf folgendes konzentriert: auf die Einrichtung und kontinuierliche Bewertung von Sicherheitskonzepten, die mit den wichtigsten, von Definitions- und Planungsgruppen erforschten Reaktoren zusammenhängen; auf die Prüfung der Umweltbelastung und deren Auswirkung auf die Genehmigungsbedingungen. Die Untersuchungen umfassen insbesondere die Abschätzung des Tritiumgehalts und des Freiwerdens von Tritium bei Normalbetrieb, die Beurteilung von Ereignissen in Zusammenhang mit möglichen Unfällen sowie die Verfügung über aktive Bestandteile. In jedem Entwurf wird notwendigerweise die Möglichkeit enthalten sein müssen, Unfallhergänge, bei denen das Containment undicht wird und Radioaktivität in die Umwelt gelangt, richtig zu werten.

III.4.4 Technologie supraleitender Magnete

Die in diesem Bereich vorgesehene, konzentrierte Anstrengung sollte die Gemeinschaft in eine wettbewerbsfähige Position bringen, wenn während des Fünfjahresplans grössere Entscheidungen im Hinblick auf zukünftige, grosse, supraleitende Apparaturen getroffen werden. Zudem erscheint die Demonstration der Wirkungsweise eines supraleitenden Magnetsystems möglicherweise in Verbindung mit einem Fusionsplasmaexperiment ausserordentlich wichtig, da es sehr wahrscheinlich ist, dass die zukünftigen, grossen Fusionsapparaturen (auf der Grundlage von toroidalem Einschluss) mit supraleitenden Magnetsystemen ausgestattet werden.

- (1) Das Grosse-Spulen Projekt (LCP). Das LCP ist eine Prüfeinrichtung, die in Oak Ridge gebaut werden soll und die eine toroidale Anlage von sechs D-förmigen Spulen umfasst. Die Spulengrösse (4,7 x 2,5 m) wird eine Extrapolation der Ergebnisse auf die Erfordernisse der grossen "post-JET"-Maschinen erlauben. Die erste europäische Spule (GFK Karlsruhe) aus NbTi supraleitendem Material wird voraussichtlich Ende 1981 nach Oak Ridge geliefert. Drei Spulen werden von den USA, eine von Japan und eine weitere von der Schweiz (die endgültige Genehmigung steht noch aus) zur Verfügung gestellt.

- (2) A15 Supraleiter. Die Verwendung von A15-Verbindungen ermöglicht den Betrieb von Magneten mit hohen Magnetfeldern (typisch sind 5-8 T auf der Plasmaachse) und/oder einen grösseren Stabilitäts- und Temperatursicherheitsfaktor bei realistischen Betriebsbedingungen. Beide Eigenschaften sind wichtig für die sehr wahrscheinliche Weiterentwicklung des magnetischen Fusionsprogramms. Aus diesem Grund ist vorgeschlagen worden, ein dynamisches, zielorientiertes Programm zu starten. Insbesondere wird vorgeschlagen, in der Gemeinschaft eine zweite Spule für die LCP-Prüfapparatur aus A15-Stromleitern zu bauen.

Die erfolgversprechendste A15-Verbindung ist das Nb_3Sn . Sie steht jedoch in Europa für den Bau einer grossen Spule noch nicht in genügender Menge zur Verfügung. Die Anstrengungen müssen beträchtlich zunehmen, wenn Spulen entwickelt werden sollen, die in einer zweiten Spule für LCP verwendet werden können. Dies sollte ein grösseres Ziel sein, das etwa drei Jahre nach der Lieferung der NbTi Spule erreicht werden sollte.

- (3) Kühlung mit supraflüssigem Helium (Torus II). Die beiden Hauptvorteile einer Kühlung mit supraflüssigem Helium (HE II bei 1,8 K) sind die Steigerung der kritischen Werte der Supraleiter, sowie eine deutlich heraufgesetzte Wärmeübertragung bei kurzen Pulsen. Diese Vorteile sind für die verhältnismässig kleinen, für Torus II (Hauptradius 2,15 m, Axialfeld 4,5 T) vorgeschlagenen Spulen zweifellos von Wert. Vorbereitende Versuche auf einer Modellspule in Saclay zeigen im Hinblick auf den Bau von Torus II erfolgversprechende Resultate.

Es gibt zusätzlich weitere Aktivitäten bei der Unterstützung der in zukünftigen Apparaturen benötigten supraleitenden Magnetsysteme. Dieser Programmvorschlag schliesst insbesondere die folgenden Bereiche ein.

- (4) Spulen zur Erzeugung eines poloidalen Magnetfelds. Die Spulen zur Erzeugung eines poloidalen Magnetfelds, die in den vorhandenen Maschinen hauptsächlich von variablen Strömen durchlaufen werden, sind noch nicht im Hinblick auf Supraleiter betrachtet worden. Bevor der Einsatz solcher Spulen geplant werden kann, müssen die Schwierigkeiten, die sich mit den variablen Strömen in supraleitenden Spulen ergeben, überwunden werden. Da die anderen Aktivitäten auf dem Gebiet der Supraleiter den Vorrang haben, sind keine Tests grösseren Maszstabs vor der Programmrevision vorgesehen.
- (5) Unterstützung des Supraleiterprogramms. Der endgültigen Herstellung der supraleitenden Spulensysteme liegt intensive Entwicklungsarbeit

in den Bereichen der Stabilisierung, der Wärmeübertragung, der Kühlung und der Einwirkung des Wärmekreislaufs auf elektrische und thermische Isolierung zugrunde.

III.4.5 Tritium- und Blankettechnologie

Die Tritiumtechnologie, die für den sicheren Betrieb einer "post-JET"-Fusionsapparatur erforderlich ist, wird vom Brennstoffumlauf und dem gesamten Strahlungssicherungssystem abhängen. Um zu demonstrieren, dass bestimmte Tritiummengen in einer solchen Apparatur sicher und zuverlässig zu handhaben sind - z.B. 10 g/Tag, wobei sich etwa 100-200 g zu jeder Zeit in dem System befinden - wird ein europäisches Tritiumlaboratorium vorgeschlagen. Dies würde den Zugang zu technologischem know-how, das ausserhalb der Fusionslaboratorien der Gemeinschaft vorhanden ist, erfordern.

Der Einschluss in den DT-Brennern eines neutronenabsorbierenden Blankets, das zumindest teilweise für Brüten geeignet ist, erfordert die vorherige Demonstration des sicheren und zuverlässigen Funktionierens eines Blanketmoduls. Es müssen daher gegen Ende des Plans in Verbindung mit dem Werkstoffprogramm technologische Prüfungen des Blanketmoduls sowie Strahlungstests durchgeführt werden. Insbesondere müssen die folgenden Teilbereiche oder Systeme entwickelt und für eine "post-JET"-Anwendung getestet werden:

- (1) Tritiumlagerung und Tritiumlieferung. Tritium kann entweder als ein Metallhydrid oder als Gas geliefert werden. Gegenwärtig eingesetzte Aufbewahrungstechniken sind wahrscheinlich angemessen, jedoch ist es erforderlich, vor der Inbetriebnahme der DT-Fusionsapparatur Erfahrung in Prüf- und Betriebsverfahren zu sammeln.
- (2) Tritiumtransfer und Abfallstoffe. Die Ventile erfordern im allgemeinen metallische Abdichtungen. Für Druckbereiche von 10^{-6} bis 10^{-8} Torr können sowohl Kältepumpen als auch turbomolekulare Pumpen eingesetzt werden, da sie mit Tritium verträglich sind. Allerdings ist noch einige Entwicklungsarbeit notwendig, um spezielle, mit dieser Anwendung zusammenhängende Probleme zu lösen, beispielsweise das Abpumpen von Helium.
- (3) Behandlung der Abgase. Das DT-Abgas muss von chemischen Verunreinigungen wie O, N und He befreit werden; ausserdem ist die Wiedereinstellung der Wasserstoffisotopenzusammensetzung erforderlich, da diese durch verschiedene Fusionsreaktionen und durch Injektionen verändert wird. Mehrere Methoden stehen für jedes dieser beiden Behandlungs-

stadien zur Verfügung. Es wird jedoch notwendig sein, das Verfahrensschema für die schliesslich gewählte Methode zu prüfen und zu optimieren.

- (4) Containment und Entseuchung. Containment und unfallbedingtes Freiwerden von Tritium sind in allen Ländern der Gemeinschaft eigenst Gegenstand von Durchführungs- und Genehmigungsbestimmungen. Die Definition dieser Bestimmungen ist eng mit anderen Problemen der Reaktorsicherheit verbunden und muss mit diesen zusammen gesehen werden. Die praktische Auswertung der gewählten Methode ist ein eigener Punkt im experimentellen Programm des Tritiumlaboratoriums.

Zur Zeit gültige Konzepte sehen vor, die gesamte Installation mit einer Hülle zu umgeben, die kontinuierlich mit Inertgas gespült wird, welches anschliessend zur Extraktion des Tritiums behandelt wird. Zusätzlich wird das ganze Gebäude, das die Fusionsanlage enthält, abgedichtet und an eine Abluft- und eine Tritiumbehandlungsanlage angeschlossen, was ein zweites Containment darstellt. Die entsprechende Technologie wird als im Prinzip verfügbar betrachtet. Es ist jedoch unbedingt notwendig, die Zuverlässigkeit des Containmentsystems zu demonstrieren, wenn auch in einem verringerten Maszstab. Dies ist eines der grösseren Ziele bei der Arbeit des Tritiumlaboratoriums.

- (5) Tritiumrückgewinnung vom Blanket. Tritiumrückgewinnungstechniken werden von der Wahl des Brutstoffs abhängen: flüssiges oder festes Lithium oder flüssige Lithiumverbindungen. Für flüssiges Lithium werden mehrere Tritiumtrennungsverfahren diskutiert. Ermutigende Ergebnisse von Destillationen sind veröffentlicht worden, die allerdings in einem Laboratoriums-Strahlenexperiment bestätigt werden müssen. Die Rückgewinnung von festen Lithiumverbindungen ist schwierig, da ein Entweichen des Tritiums in das erste Kühlsystem verhindert werden muss.

III.4.6 Technologie der Werkstoffe

Das Werkstoffprogramm sollte streng auf die Planung der "post-JET"-Maschine(n) im Hinblick auf Werkstoffauswahl, auf die Ausarbeitung von Spezifikationen und auf Untersuchungen spezieller Probleme abgestimmt werden.

Angesichts der langen Einführungsdauer muss jedoch schon jetzt zusätzlich mit signifikanten, sondierenden Arbeiten für die Erfordernisse des Demonstrationsreaktors begonnen werden.

Die Hauptmaterialprobleme im Fusionsbereich bestehen in: sowohl kontinuierlicher wie periodischer mechanischer Beanspruchung, Korrosion in Gegenwart von Lithium oder Lithiumverbindungen und Verunreinigungen, Strahlenschäden im Innern und an der Oberfläche der Materialien. Die schwierigsten Probleme ergeben sich allerdings aus der Kombination dieser Effekte, die auf der Grundlage heutigen Wissens nur schwer zu bewerten sind.

Die wichtigsten, in das Technologieprogramm aufzunehmenden Punkte sollten folgende sein:

- (1) Auswahl und Standardisierung der Werkstoffe. Gut entwickelte Werkstoffe, wie austenitische Stähle und Nickellegierungen werden zunächst bevorzugt. Aufgrund der zur Erprobung neuer Werkstoffe nötigen langen Zeit ist Sondierungsarbeit an Alternativwerkstoffen (ausgewählt unter solchen, die bereits industriell verfügbar sind) erforderlich. Ein wichtiges Kriterium ist die grösstmögliche Herabsetzung der Werkstoffaktivierung.
- (2) Mechanische Eigenschaften der nichtbestrahlten Werkstoffe (Kriechen und Ermüdung, Sprödewerden und Bruch, metallurgische Probleme bei der Herstellung). Einige Bedingungen, denen Werkstoffe in einem Fusionsreaktor unterworfen werden, sind den Ingenieuren unvertraut, wie z.B. pulsierende Belastung und Belastung durch Aufheizung mit etwa 10^6 Zyklen/Jahr. Dem Kriech- und Ermüdungsverhalten auch der gewöhnlichsten Werkstoffe unter diesen Bedingungen sollte Aufmerksamkeit geschenkt werden.
- (3) Verträglichkeit (Korrosion in flüssigem Lithium und Lithiumverbindungen; Korrosion durch Heliumverseuchung, Durchlässigkeit für Wasserstoffisotope). Korrosion ergibt sich voraussichtlich bei allen Strukturwerkstoffen. Die Anwesenheit von unüblichen Verbindungen (Lithium oder Lithiumverbindungen) und von Verunreinigungen (Helium und Wasserstoffisotope) machen dieses Problem weitgehend spekulativ, obwohl auch experimentelle Ergebnisse zur Verfügung zu stehen beginnen. Die Kenntnis der Durchlässigkeit ist für die Vorhersage der Wasserstoffisotopenkonzentration im Reaktor wichtig, sowohl im Hinblick auf ihre Wirkung auf Werkstoffe (Sprödewerden) als auch hinsichtlich der Sicherheit.

- (4) Strahlenschäden (Simulation durch Elektronenbeschuss, durch leichte und schwere Ionen, Bestrahlung im Kernspaltungsreaktor; Bestrahlung mit 14 MeV Neutronen, Bestrahlung des Isoliermaterials).

Strahlenschäden an Werkstoffen im Fusionsreaktor verursachen Schwellen, Kriechen, Sprödewerden und andere Veränderungen der mechanischen und elektrischen Eigenschaften. Die Schädigung wird durch energiereiche Neutronen durch Verlagerungen und Umwandlungen hervorgerufen und hängt von den Bedingungen, bei denen der Werkstoff bestrahlt wird, ab. Zwei Hauptwerkzeuge zur Simulation sind heute verfügbar: Bestrahlung mit geladenen Teilchen und Bestrahlung mit schnellen Neutronen in Kernspaltungsreaktoren. Das erste kann eingesetzt werden, um die Wirkungen der durch Neutronen induzierten Verlagerungen und der Gasproduktion zu simulieren, wobei hohe Raten erhalten werden können. Speziell entworfene, starke Neutronenquellen, insbesondere die auf der Grundlage von DT-Reaktionen, könnten ein Strahlungsumfeld ergeben, das dem für einen Fusionsreaktor vorhergesagten am nächsten kommt. Sie können somit die Kalibrierung und Überprüfung für die Simulationsmethoden liefern. Dies könnte einen bedeutenden Gegenstand internationaler Zusammenarbeit darstellen. Es ist daher vorgeschlagen worden, eine europäische Beteiligung (an dieser Zusammenarbeit) zu entwickeln, wobei mit Sondierungsarbeit begonnen wird, z.B. verschiedene Annäherungsmöglichkeiten an eine starke Neutronenquelle miteinander zu vergleichen oder Konzepte für die erfolversprechendsten unter ihnen zu schaffen.

- (5) Schädigungen an Oberflächen. Plasma-Wand Wechselwirkungen sind wichtig, sowohl vom Standpunkt der Plasmaphysik her als auch aufgrund ihrer Wirkungen und Werkstoffeigenschaften. Was die Werkstoffe anbetrifft, so beinhalten die zu untersuchenden Gebiete der Oberflächenschädigungen folgendes: die Veränderung der mechanischen Eigenschaften der Werkstoffe der ersten Wand aufgrund von Oberflächenerosion und Brennstoffimprägnierung, die Prüfung geeigneter Werkstoffe, um Strahlungsverluste durch Verunreinigungen auf ein Mindestmass zurückzuführen; das Abfangen und Freiwerden von Brennstoff an der ersten Wand (vergl. III.3.1).

III.5 TRÄGHEITSEINSCHLUSS

III.5.1 Laserfusion

Die Probleme der Laserfusion können folgendermassen eingeteilt werden:

- Entwicklung von Hochleistungslasern;
- Untersuchungen der Licht-Plasma Wechselwirkungen und des Energietransports;
- Hydrodynamik von Verdichtungen und thermonukleares Brennen;
- Entwurf und Herstellung von Pellets;
- Theorie der physikalischen Grundlagen;
- Reaktorstudien.

Innerhalb der nächsten Jahre wird das europäische Programm zum Trägheitseinschluss nur einige Prozent des sowjetischen oder amerikanischen Programms ausmachen. Um die in Paragraph III.2.2 genannten Ziele zu erreichen, sollte es sich auf wenige Themen konzentrieren und bei diesen Versuchen auf die weltweite Entwicklung einwirken. Bei einem geringen Gesamtaufwand ist es überdies wichtig, dass sich die Programme einzelner Laboratorien ergänzen und sich nahe genug sind, damit sich gegenseitige Hilfe durch wirksame Zusammenarbeit ergeben kann. Schliesslich sollten die Programme der verschiedenen Assoziationen möglichst konvergieren, damit die Basis für die zukünftige Realisierung (falls angebracht) eines grossen gemeinsamen Kompressionsexperiments (mindestens $5 \cdot 10^{13}$ Watt, Mindestkosten 50 Mio RE) vorbereitet wird. Unter Berücksichtigung der in den verschiedenen Assoziationen zur Verfügung stehenden Erfahrung und Ausstattung, wird folgendes Programm vorgeschlagen:

(1) Entwicklung von Hochleistungslasern

- Optimierung des bereits entwickelten 1 TW Jodlasers und Weitergabe des know-how an die Industrie mit dem Ziel, in naher Zukunft Module von 1 TW - 0,3 nsec herzustellen (Garching). Mögliche Erweiterung auf Module mit höherer Leistung;
- Entwicklung einer CO₂-Laserlinie von 250 J - 1 nsec und Realisierung von vier solchen Modulen, so dass ein 1 TW-System zur Verfügung stünde (Frascati);
- Erforschung neuer hochleistungsfähiger Laser (Garching).

(2) Licht-Plasma Wechselwirkung und Energietransport

- experimentelle Untersuchungen von Neodimium- und Jodlaserstrahlen, die meistens auf plane Targets fokussiert werden (Garching);
- theoretische und numerische Studien (Garching, Brüssel, Göteborg).

(3) Kompressionsstudien

- Untersuchung der hydrodynamischen Stabilität bei der Implosion von Pellets mit grossem Aspektverhältnis, bei zwei verschiedenen Wellenlängen (1 und 10 μm) unter Verwendung zunächst eines 2 x 100 J - 2 nsec Neodimiumsystems und später eines 4 x 250 J - 1 nsec CO_2 -Systems. In solchen Experimenten werden Deuterium-Tritium gefüllte Pellets verwendet; die Produktion maximaler Neutronenzahlen ist jedoch nicht das Ziel dieser Versuche (Frascati).
- Realisierung eines Kompressionsexperiments mittlerer Grösse unter Verwendung von 2 Jodlasermodulen von 1 TW; bei diesem Experiment sollen Erfahrungen mit den einschlägigen Techniken, Diagnostiken und Rechenverfahren gesammelt werden (Garching).

(4) Theoretische Basis

Fortsetzung gegenwärtiger theoretischer Studien (Brüssel, Göteborg) über Transportkoeffizienten und nichtlineare Phänomene; die Ergebnisse sollen auf spezifische Situationen im experimentellen Programm angewendet werden.

(5) Zusammenarbeit

Wirksame Zusammenarbeit ist besonders in folgenden Bereichen erforderlich: Rechenverfahren; Pellet-Herstellung (zu Beginn werden die Pellets im Ausland gekauft; diese Situation ist jedoch höchst unbefriedigend), Diagnostik und Reaktorstudien. Der Kontakt zwischen den Assoziationen und anderen zivilen Laboratorien (Rutherford, Polytechnique, Universitäten) soll soweit wie möglich intensiviert werden, z.B. durch Einbeziehen dieser Laboratorien in den Mobilitätsfond.

III.5.2 Andere Möglichkeiten

- Trotz ihrer Entwicklungsmöglichkeiten und ihrer schnellen Entwicklung im Ausland, kann eine Elektronen- und Ionenstrahlfusionsforschung innerhalb des sehr begrenzten Programms der Assoziationen zum Trägheitseinschluss nicht eingeleitet werden.
- Die Aktivität auf dem Gebiet des Plasma Fokus wird vorläufig auf die Ausnutzung der grossen 1 Megajoule-Apparatur in Frascati beschränkt bleiben; es wird mit Culham zusammen und in engem Kontakt mit mehreren deutschen Universitäten gearbeitet. Eine allgemeine Bewertung dieser Forschungslinie ist für 1980 vorgesehen.

III.6 ZUSAMMENFASSUNG DES VORGESCHLAGENEN PROGRAMMS

Abgesehen vom Bau des JET besteht das vorgeschlagene Programm grossenteils in der Fortführung der laufenden Massnahmen. Hinzu kommen eine Erweiterung dieser Massnahmen sowie einige neue Tätigkeiten.

III.6.1 Fortsetzung der laufenden Massnahmen

Hierzu gehören insbesondere der Bau von JET und dessen Betrieb in der Grundleistungsphase und die Nutzung der bereits vorhandenen Einrichtungen sowie der im Bau befindlichen. Bei den meisten von ihnen handelt es sich um Tokamaks, die zur Lösung bestimmter Probleme konstruiert worden sind (siehe Tabelle II) und die für den nächsten Schritt von primärer Bedeutung sind. Die Notwendigkeit, daraus ein Höchstmass an Informationen zu beziehen, liegt auf der Hand. Einige andere toroidale Maschinen, die zu den Alternativrichtungen gehören, sollen Informationen darüber liefern, die für den Entschluss benötigt werden, in dieser Entwicklungsrichtung fortzufahren oder sie aufzugeben. Darüberhinaus sollen sie die Prüfung anderer Probleme bezüglich der Tokamak-Richtung ermöglichen: die Entkopplung der Heizung vom Einschluss (Stellaratoren) sowie die Untersuchung der Eigenschaften der Plasmen mit hohem Beta (Hoch-Beta Maschinen).

Auf dem Gebiet der Neutralteilcheneinschiessung kann die Entwicklung von Wasserstoffinjektionsvorrichtungen mittlerer Spannung mit positiven Ionenquellen als abgeschlossen gelten: ihre intensive Anwendung auf Einschlussvorrichtungen hat begonnen. Die Entwicklung von Vorrichtungen mit höherer Spannung, von Deuteriuminjektoren, von Wiedergewinnungssystemen und von negativen Ionenquellen ist in zwei Assoziationen konzentriert und muss fortgesetzt werden, um den Forderungen von JET und denen des nächsten Schritts zu entsprechen.

Auf dem Gebiet der Hochfrequenzheizung ist die Entwicklung der Lower-Hybrid-Resonance Heizung am weitesten fortgeschritten: sie tritt nun in die Anwendungsphase ein. Die Zahl der anderen Methoden ist verringert worden, und zwar schon während der vorhergehenden Programme, und die Fortsetzung ihrer Entwicklung auf ein höheres Energieniveau ist erforderlich, um die Auswahl der geeignetsten von ihnen für die Forderungen der nächsten Schritte vorzubereiten.

Auf dem Gebiet der Fusionstechnologie wurde vor kurzem mit einigen Aktivitäten begonnen, und an der Notwendigkeit ihrer Fortsetzung besteht kein Zweifel. Es handelt sich um das Grosse-Spulen Projekt, den Test der Supraleitfähigkeit mit superflüssiger Heliumkühlung der Materialien, Konzeptions Sicherheits- und Umweltstudien sowie um die Simulierung von Strahlenschäden

Bei dem Trägheitseinschluss haben die bisher in den assoziierten Forschungsstätten durchgeführten Arbeiten auf der technologischen Seite im wesentlichen in der Entwicklung eines 1 TW-Jodlasers und in der Vorentwicklung eines 250 Joule-CO₂-Lasers und auf der physikalischen Seite in dem Studium der Licht-Plasma Wechselwirkung bestanden. Sowohl die Fortschritte als auch die Intensivierung der Arbeiten ausserhalb der Gemeinschaft sind derart erheblich, dass eine Verstärkung unserer derzeitigen Arbeiten erforderlich ist, wenn wir nicht unwiderruflich den Anschluss verlieren wollen.

III.6.2 Erweiterung

- Je nach dem Ausgang der Untersuchungen, die kürzlich durch die im Jahre 1978 mit der Tokamaklinie erzielten sehr positiven Ergebnisse ausgelöst wurden, könnte eine Kürzung der Bauphase von JET und der Einsatz der erweiterten Leistungen während der Bauphase vorgeschlagen werden. Die technische Durchführbarkeit und die wissenschaftliche Ratsamkeit eines solchen Vorgehens ist von den zuständigen Instanzen des Gemeinsamen Unternehmens noch nicht untersucht worden.
- Je nach dem Ergebnis der z.Zt. laufenden konzeptionellen und experimentellen Vorstudien könnte das Programm den Bau zweier neuer Tokamaks umfassen: eine Vorrichtung mit sehr hohem Feld (VHFT) und einen supraleitenden Tokamak (Torus II) für das Studium der Plasmaprofilformung und der Heizung. Die Bedeutung eines frühzeitigen Zündungsexperiments und der Anwendung der Supraleitfähigkeit auf einen echten Tokamak für die Vorbereitung des nächsten Schritts braucht nicht betont zu werden. Die Möglichkeit, jede der beiden vorerwähnten Versuchsanordnungen zu bauen, ist bisher nicht untersucht worden. Es ist daher erst recht nicht sicher, dass beide gebaut werden müssen.
- Auf dem Gebiet der Plasmaaufheizung ist demgegenüber eine Erweiterung der Arbeiten möglich und erforderlich. Die meisten vorhandenen Vorrichtungen werden bereits betrieben oder werden bald mit ihrer Grund-

leistung in Betrieb sein. Wenn sie ihre Maximalleistung erreichen sollen, benötigen sie eine starke zusätzliche Hilfsheizenergie. Es werden mehrere Neutralteilcheneinschiessungseinheiten mit einer Gesamtenergie in der Grössenordnung von mindestens 25 MW gebaut und bei JET und bei anderen Tokamaks wie Asdex, TFR 604, Dite, Textor und Torus II eingesetzt werden müssen. Insbesondere bei FT wird eine starke Hochfrequenzheizenergie bei der Lower Hybrid Resonance eingesetzt werden müssen.

- Auf dem Gebiet der Fusionstechnologie sollten die Arbeiten an den Systemstudien intensiviert und die Entwicklung einer supraleitenden Spule A-15 für LCP durchgeführt werden.
- Die vorgeschlagene Erweiterung auf dem Gebiet des Trägheitseinschlusses, die zur Erreichung der Mindestziele des Programms auf diesem Gebiet erforderlich ist, bezieht sich auf die industrielle Herstellung von 1 TW-Jodlasern, die Entwicklung und den Bau von vier 250 Joule-CO₂-Lasern und der Inangriffnahme von Kompressionsversuchen.

III.6.3 Neue Tätigkeiten

In Vorbereitung auf die JET-Nachfolgemaschine benötigen wir Kenntnisse über die für die Fusion erforderliche Tritiumtechnologie. Die in den Mitgliedsstaaten bereits vorhandene Tritiumtechnologie sollte für das Fusionsprogramm verfügbar gemacht werden, jedoch besteht nach wie vor Bedarf an einer europäischen Forschungsstelle, die sich spezifisch mit der Tritiumtechnologie von Fusionsvorrichtungen beschäftigt. Dies ist in den USA bereits anerkannt worden; dort soll in Los Alamos eine Testanordnung für ein Tritiumsystem gebaut werden. Wenn Europa mit den USA auf diesem Gebiet wirkungsvoll zusammenarbeiten soll, dann muss innerhalb der Gemeinschaft ein ausreichender Sachverstand hierfür geschaffen werden. Angesichts der in der Gemeinschaft zu erwartenden zeitlichen Verzögerungen aufgrund der strengen Voraussetzungen für die Erteilung der Betriebserlaubnis sollten die einschlägigen Massnahmen so bald wie möglich anlaufen. Darüberhinaus sollten die Versuche mit Blanket-Modulen etwa am Ende des Fünfjahresprogramms beginnen.

Das Problem der Werkstoffe, das bereits für JET von Bedeutung ist, besitzt für den nächsten Schritt erhebliche Wichtigkeit und ist für den Reaktor von entscheidender Bedeutung. Der gegenwärtige Wissensstand reicht gerade aus, um die Gebiete zu identifizieren, auf denen Arbeiten durchgeführt werden müssen. Angesichts der bei einigen Erprobungen erforderlichen langen Vorlaufzeiten sollte mit konkreten Forschungsarbeiten schon jetzt begonnen werden, insbesondere auf dem Gebiet der Strahlenschäden.

KAPITEL IV

DURCHFÜHRUNG

IV.1 FINANZIELLE SITUATION DES PROGRAMMS DER ASSOZIATIONEN FÜR 1976-1980

Die von der Kommission zur Finanzierung des Programms der Assoziationen für den Zeitraum 1976-1980 auf Beschluss des Rats vom 25. März 1976¹⁾ bereitgestellten Mittel beliefen sich auf 120 Mio RE. Dies entspräche einem Gesamtvolumen dieses Programms von etwa 410 Mio RE (unter Zugrundelegung des Satzes von 25% für die Grundfinanzierung und von 45% für die zusätzliche Finanzierung), wenn die vom Rat als Obergrenze für die Finanzierung vorrangiger Vorhaben (39 Mio RE) zur Verfügung gestellte Summe für die zusätzliche Finanzierung dieser Vorhaben aufgewandt würde.

Als dieser Programmbeschluss gefasst wurde, wies die Kommission darauf hin²⁾ dass ihre Mittelbereitstellung aus einer erheblichen Verringerung ihres ursprünglichen Vorschlags resultiert und dass daher bei der Steuerung des Programms mit Schwierigkeiten zu rechnen sein werde. Die Kommission wies darüberhinaus darauf hin, dass sie erforderlichenfalls dem Rat im Laufe der Durchführung des Programms einen Vorschlag zur Anpassung der bereitgestellten Mittel an die wirtschaftlichen Erfordernisse unterbreiten werde.

Im Juli 1977 wurde zur wenigstens teilweisen Bewältigung der Schwierigkeiten der Finanzierung der allgemeinen Haushalte der Assoziationen sowie angesichts der für 1978 zu erwartenden Programmrevision mit der positiven Stellungnahme des Beratenden Ausschusses Fusion³⁾ beschlossen, die für die zusätzliche Finanzierung vorgesehenen Mittel von 39 auf 27 Mio RE zu kürzen und die für die Grundfinanzierung vorgesehenen Mittel um 12 Mio RE zu erhöhen. Dies sollte es der Kommission ermöglichen, auf der Grundlage der vom Rat beschlossenen Sätze ein Programm mit einem Gesamtvolumen von 430 Mio RE zu finanzieren. Der Beratende Ausschuss Fusion billigte ebenfalls³⁾ den Vorschlag der Kommission, den Rat anlässlich der für 1978 vorgesehenen Revision um eine Überprüfung der Mittelzuweisung zu bitten, wobei die Veränderungen der wirtschaftlichen Verhältnisse seit dem 1. Januar 1976 berücksichtigt werden sollten. Die endgültige Freigabe der Mittel der Kommission für die Finanzierung des gesamten Fünfjahresprogramms wurde vom Rat im November 1976⁴⁾ beschlossen, und die

-
- 1) Amtsblatt Nr. L90 vom 3.4.1976: 120 Mio RE = 124 Mio RE (Gesamtmittelzuweisung) - 2 Mio RE (Management)
2) Dok. R/781/76 (ATO 42) 1976-80
3) Dok. R/1980/77 (ATO 89) - 2 Mio RE (Mobilität)
4) Dok. T/919/76 (ATO)

Assoziationsverträge für den Zeitraum 1976-1980 konnten erst 1977 geschlossen werden. Die Veränderungen der wirtschaftlichen Verhältnisse zwischen Januar 1976 und Mitte 1977 (durchschnittliche Inflationsrate etwa 17%) veranlassten die Kommission, diese Verträge mit einem Finanzvolumen von insgesamt etwa 500 Mio RE abzuschliessen, und zwar mit der üblichen Beteiligung von 25% für die Grundfinanzierung. Die Erhöhung des Gesamtvolumens um 70 Mio RE von 430 auf 500 Mio RE hat eine Erhöhung der Beteiligung der Kommission von 17,5 Mio RE (= 25% von 70 Mio RE) für den Zeitraum 1976-1980 zur Folge. Es muss betont werden, dass dieser Betrag nur die zusätzlichen Mittel umfasst, die nötig sind, damit die Kommission ihre 1977 den Assoziationen gegenüber eingegangenen Verpflichtungen (25% der allgemeinen Ausgaben) erfüllen kann. Der Anteil dieses Betrages, der für die ersten drei Jahre des Programmes 1976-1980 (die nicht durch das neue Fünfjahresprogramm 1979-1983 gedeckt werden) tatsächlich benötigt wird, beträgt ca. 10 Mio RE ($\frac{3}{5}$ von 17,5 Mio RE). Die Verpflichtungen der Kommission für die Jahre 1976, 1977 und 1978 belaufen sich daher auf ca. 84 Mio RE (= 10 Mio RE + $\frac{3}{5}$ der Gesamtzuweisung von 124 Mio RE). Der Restbetrag von ca. 40 Mio RE (= 124 - 84 Mio RE) vom Programm 1976-1980 ist demnach zur teilweisen Finanzierung des Programmes 1979-1983 verfügbar.

IV.2 PROGRAMMVORSCHLAG FÜR 1979-1983

IV.2.1 Personal

Das gesamte im Kernfusionsprogramm eingesetzte wissenschaftliche Personal einschliesslich des an JET abgeordneten Personals sowie des Personals von EURATOM, das in den Assoziationen und der Gemeinsamen Forschungsstelle tätig ist, betrug Mitte 1978 etwa 860. Diese 860 Wissenschaftler teilen sich etwa wie folgt auf:

-	qualifizierte Forscher, die in den Assoziationen der Mitgliedstaaten tätig sind	700
-	allgemeine Unterstützung (Leitung, Verwaltung, technische Dienste, usw.)	75
-	JET	48
-	Assoziation EURATOM-NSBESD (Schweden)	25
-	Gemeinsame Forschungsstelle (Ispra)	12
Gesamt:		860

Die Gesamtzahl der Beschäftigten (d.h. einschliesslich der Nichtwissenschaftler) ist schwieriger anzugeben, weil in einigen der Assoziationen die Unterstützungsdienste mit anderen Forschungsstellen geteilt werden, die mit dem Kernfusionsprogramm nichts zu tun haben. Eine ungefähre Schätzung ergibt jedoch eine Gesamtzahl von mindestens 3 000 Personen.

Hinsichtlich der Zusammensetzung des wissenschaftlichen Personals erscheinen zwei Bemerkungen angebracht:

- da die Versuchsanordnungen grösser und technisch immer komplizierter werden, macht sich ein Mangel an Ingenieuren und spezialisierten Technikern für die Planung und den Bau bemerkbar, während die Zahl der Physiker für die Konzipierung, den Betrieb und die Interpretation der Ergebnisse der Maschinen ausreicht;
- da die Neueinstellungen junger Wissenschaftler in den letzten Jahren fast völlig aufgehört haben, steigt das Durchschnittsalter des Personals in einem Tempo, das fast den Wert 1 pro Jahr erreicht. Bei einem Programm, das noch einige weitere Jahrzehnte in Anspruch nehmen wird, ist diese Überalterung des Personals ein gefährliches Phänomen.

Für die Durchführung desjenigen Teils des Technologieprogramms, das ausserhalb der assoziierten Forschungsstellen entwickelt wird, ist beabsichtigt, zwischen den assoziierten Forschungsstellen und denjenigen ausserhalb des Kernfusionsprogramms - von denen die meisten auf dem Gebiet der Kernspaltung tätig sind - Unterverträge zu schliessen. Aus diesem Grunde erscheint die umfassende Rekrutierung technologischer Sachverständiger in den Kernfusions-Forschungsstellen zu diesem Zweck gegenwärtig nicht erforderlich, obgleich die Assoziationen eine geringe Anzahl von Spezialisten benötigen werden, um die vorerwähnten Unterverträge zu überwachen.

In den Assoziationen ist während des Fünfjahreszeitraums 1979-1983 nicht mit einer fühlbaren Personalvermehrung zu rechnen. Die Zahl der insgesamt im Rahmen des Kernfusionsprogramms Tätigen wird sich leicht erhöhen, und zwar hauptsächlich wegen des Aufbaus des JET-Teams sowie der möglichen Intensivierung der Kernfusionsarbeiten in der Gemeinsamen Forschungsstelle.

Trotz der vorgesehenen Erweiterung des Programms beantragt die Kommission keine Vermehrung ihres eigenen Personals zur Durchführung dieses Fünfjahresprogramms. Es wird sich weiterhin um 113 Bedienstete der Kommission handeln, wie vom Rat am 25. März 1976 beschlossen. Diejenigen unter diesen Bediensteten, die in Brüssel in der Direktion für Kernfusionsforschung arbeiten, haben sich inzwischen auf 20 vermehrt; bei diesem Stande dürfte es auch während der Durchführung des vorgeschlagenen Programms verbleiben. Das gesamte übrige EURATOM-Personal wird in den assoziierten Forschungsstellen verbleiben oder an JET abgeordnet werden.

IV.2.2 Gesamtausgaben der assoziierten Forschungsstellen

Das hier vorgeschlagene Programm ist das Ergebnis eines Kompromisses zwischen der Notwendigkeit, die Arbeiten soweit zu intensivieren, wie es die Bedeutung des Endziels für die Gemeinschaft rechtfertigt, und der Erkenntnis, dass der finanzielle Aufwand, um den nachgesucht werden kann, begrenzt ist.

Eine breitere Forschungsfront, wie das Kernfusionsprogramm der Sowjetunion oder ein ehrgeizigeres Programm mit kürzeren Fristen, wie dasjenige der Vereinigten Staaten, wäre zwar wünschenswert, würde aber auch wesentlich höhere finanzielle Aufwendungen erfordern. In diesem Sinne liegen die wünschenswerten Maximalausgaben für die einschlägigen Forschungen weit oberhalb der vorgeschlagenen Zahlen. Die Untergrenze ist demgegenüber eindeutig definiert, da sie eng mit den Personalkosten der assoziierten Forschungsstellen zusammenhängt; wenn keine neuen Investitionen vorgenommen würden, würden die weiteren Forschungen schon sehr bald eingestellt werden müssen, jedoch könnten die laufenden Ausgaben dennoch nicht wesentlich reduziert werden, es sei denn, dass das Personal selbst reduziert würde.

Das nachstehend erörterte finanzielle Gesamtvolumen entspricht dem in Kapitel III beschriebenen und in Paragraph III.6 unter den Überschriften "Fortsetzung der laufenden Massnahmen", "Erweiterung" und "Neue Tätigkeiten" zusammengefassten Programm. Es umfasst nicht den Teil des Programms, der in der Gemeinsamen Forschungsstelle, in Schweden und möglicherweise in der Schweiz durchgeführt werden soll.

(1) Fortsetzung der laufenden Massnahmen

Der Gesamtumfang der vorläufigen Haushalte der assoziierten Forschungsstellen für das Jahr 1978 (ausgedrückt in den jeweiligen nationalen Währungen und umgerechnet in ERE zu den Wechselkursen von Anfang 1978) beläuft sich auf etwa 104 Mio ERE. Diese Zahl, multipliziert mit 5,

würde für das Programm 1979-1983 zu einem Gesamtumfang von 520 Mio ERE führen, wenn man die wirtschaftlichen Verhältnisse von Januar 1978 zugrundelegt. Die Inflationsrate in der Gemeinschaft liegt z.Zt. (genauer gesagt, zwischen April 1977 und April 1978) bei 7,5% pro Jahr. Dies führt aufgrund der wirtschaftlichen Verhältnisse vom Januar 1979 zu einem Fünfjahreshaushalt von etwa 560 Mio ERE. Bei gleichem Personalbestand werden die Personalkosten aufgrund früherer Erfahrungen mit einem Steigerungssatz von wenigstens 6% jährlich innerhalb der Gemeinschaft zu veranschlagen sein: diese unvermeidliche Erhöhung belastet etwa 40% des gesamten Kernfusionshaushalts und führt zu einem zusätzlichen Finanzbedarf von 28 Mio ERE für die Jahre 1980-1983. Die Fortsetzung der Arbeiten auf der bisherigen Ebene erfordert somit einen Fünfjahreshaushalt in Höhe von 588 Mio ERE. Dieser Betrag umfasst die Extrapolierung der Investitionen des Jahres 1978, die einen bescheidenen Umfang nicht überschritten, weil die meisten Investitionsverpflichtungen zu Beginn des Programms 1976-1980 eingegangen worden waren. Diese Extrapolation lässt daher Raum für zusätzliche - wenn auch begrenzte - neue Investitionen, die der Erweiterung der laufenden Aktivitäten entsprechen, ermöglicht aber nicht die Inangriffnahme einer umfangreichen neuen Aktivität.

- Gesamtumfang (wirtschaftliche Verhältnisse Januar 1978)	520 Mio ERE
- Inflation Januar 1978 - Januar 1979 (7,5%)	40 Mio ERE
- Personalkostensteigerung (bei konstantem Personal)	<u>28 Mio ERE</u>
	<u>Fortsetzung auf jetzigem Stand</u>
	<u>588 Mio ERE</u>

(2) Erweiterung der jetzigen Aktivität

Das in Paragraph III.6.2 zusammengefasste Programm entspricht den folgenden finanziellen Verpflichtungen:

- Investitionen für neue Tokamaks: Torus II und VHFT. Die Kosten jeder dieser Maschinen wird sich auf etwa 20 bis 30 Mio ERE belaufen	50 Mio ERE
- Zusatzheizung (ausser JET)	23 Mio ERE
- Trägheitseinschluss	10 Mio ERE
- Fusionstechnologie:	
. System- und Umweltstudien, Planungs- und Definitionsgruppen: 5 Mio ERE	}
. Supraleitfähigkeit (hauptsächlich eine A-15 Spule für LCP): 15 Mio ERE	
	<u>20 Mio ERE</u>
	<u>Gesamt</u>
	<u>103 Mio ERE</u>

(3) Neue Tätigkeiten (siehe Paragraph III.6.3)

- Tritiumtechnologie	15 Mio ERE
- Werkstoffe	<u>30 Mio ERE</u>
Gesamt	<u>45 Mio ERE</u>

Es muss eindeutig darauf hingewiesen werden, dass diese Zahlen dem in Kapitel III beschriebenen Programm entsprechen, ausser in Bezug auf die Werkstoffe. In diesem letzteren Fall würde die Durchführung des von den Sachverständigen definierten und in Paragraph III.4.6 umrissenen Programms eine wesentlich höhere finanzielle Verpflichtung bedeuten. Mit der vorstehend angegebenen Finanzierung ist zwar die Inangriffnahme des Programms möglich, jedoch wird sein Entwicklungsrhythmus eng begrenzt sein.

Abschliessend werden die allgemeinen Ausgaben der assoziierten Forschungsstellen (einschliesslich der Unterverträge für Technologie) für den Fünfjahreszeitraum 1979-1983 wie folgt geschätzt:

Fortführung der laufenden Massnahmen	588 Mio ERE
Erweiterung der laufenden Massnahmen	103 Mio ERE
Neue Aktivitäten	<u>45 Mio ERE</u>
Insgesamt	<u>736 Mio ERE</u>

IV.2.3 Zusätzliche Finanzierung

Aufgrund der in Kapitel III enthaltenen technischen Beschreibung sowie innerhalb des Rahmens der in Paragraph IV.2.2 vorgeschlagenen Gesamtausgaben werden die für die Durchführung des Programms 1979-1983 erforderlichen Investitionen auf 120 Mio ERE geschätzt, und zwar auf der Basis der wirtschaftlichen Verhältnisse Anfang 1979.

Die vorgeschlagenen Teilhöchstgrenzen für die Investitionen der assoziierten Forschungsstellen, die von der Gemeinschaft zum Vorzugssatz von 45% zu finanzieren wären, sind folgende:

	In Mio ERE
Tokamaks und Unterstützung für JET	64
Andere toroidale Vorrichtungen	15
Heizung und Injektion	35
Fusionstechnologie	30
Trägheitseinschluss	6

In der Tokamaklinie sind ca. 10 Mio ERE enthalten für Arbeiten der assoziierten Laboratorien zur Unterstützung des JET Projekts (z.B. Diagnostikentwicklung, Heizmethoden, Studien, usw.). In der gleichen Linie wird Vorsorge getroffen (50 Mio ERE) für den möglichen Bau von Torus II und VHFT.

Es ist darauf hinzuweisen, dass der Gesamtbetrag dieser Teilhöchstbeträge (150 Mio ERE) höher liegt als die vorgesehene Obergrenze für Vorzugsmassnahmen (120 Mio ERE). Dies bedeutet, dass die genannten Teilhöchstbeträge nicht in allen Linien voll ausgeschöpft werden können.

Wie in den vorhergehenden Fünfjahresprogrammen wird die Kommission nur solche Vorhaben zusätzlich finanzieren, deren Vorrangstatus von der Verbindungsgruppe anerkannt wird.

IV.2.4 Mobilität

Der "Mobilitätsvertrag" für den Personalaustausch zwischen den verschiedenen am Programm beteiligten oder dazu einen Beitrag leistenden Forschungsstellen wurde während der beiden letzten Fünfjahresprogramme mit gutem Erfolg ausgenutzt. Dieser Personalaustausch hat sich als das beste Mittel für die Übertragung wissenschaftlichen und technischen know-hows und als ein ausgezeichnetes Mittel erwiesen, den Nutzungsgrad des vorhandenen Personals und seiner Fachkenntnisse zu erhöhen. Die für die Mobilität des Personals vorgesehenen Mittel sollten daher wenigstens auf der gleichen Höhe bleiben. Im Programm 1975-1980 wurde hierfür ein Höchstbetrag von 2 Mio ERE bereitgestellt; für das Programm 1979-1983 wird der gleiche Höchstbetrag (2 Mio ERE) vorgeschlagen.

IV.2.5 Management und Verwaltung

Die Personalstärke des Brüsseler Direktorats des Fusionsprogramms ist während der letzten beiden Jahre in Übereinstimmung mit dem Plan 1976-1980 erweitert worden und beträgt jetzt 20 Personen. Diese Anzahl sollte während des Programms 1979-1983 beibehalten werden. Die durchschnittliche Mitarbeiterzahl wird also während dieses Zeitraums höher sein als zwischen 1976 und 1980. Die Erhöhung der Personalkosten hat sich ergeben durch die Einbeziehung der Einkommenssteuer der Gemeinschaft in die Tarifsätze für das Personal, die zu Lasten des Haushalts der Europäischen Gemeinschaft geht, sowie durch den Übergang von Rechnungseinheiten zu Europäischen Rechnungseinheiten.

Die Erweiterung des Fusionsprogramms, insbesondere die Einbeziehung neuer Aktivität im Bereich der Fusionstechnologie, führt zu einer Steigerung der Ausgaben für die Organisation von Konferenzen, Arbeitstagungen usw., und für Expertenverträge.

Ein beträchtlicher Anstieg der Ausgaben für Management und Verwaltung, der insbesondere auf Personalkosten zurückzuführen ist, muss daher für das Programm 1979-1983 vorgesehen werden. Die Mittelzuweisung sollte daher einen Höchstbetrag von etwa 7 Mio ERE für diesen Zweck einschliessen.

IV.2.6 JET

Gegenwärtige Situation

Wie vom Rat bewilligt (R/2404/77 - ATO 116), sind die Kosten des JET-Projekts in der Bauphase in belgischen Franken errechnet worden; sie werden mit 7.500 Mio Bfr. zum Kurs von Januar 1977 veranschlagt. Dieser Betrag entspricht 184,6 Mio ERE bei einem Umrechnungssatz der ERE vom 3. Januar 1977 (1 ERE = 40,6207 Bfr.).

In Übereinstimmung mit der Satzung des "JET Joint Undertaking", der am 30. Mai 1978¹⁾ durch den Rat zugestimmt wurde, werden die Ausgaben des Gemeinsamen Unternehmens zu 80% von EURATOM getragen werden.

Der Anteil der Gesamtkosten des Projekts in der Bauphase, der von EURATOM getragen werden muss, beläuft sich demnach auf 147,7 Mio ERE (= 80% von 184,6 Mio ERE).

Die für die Beteiligung EURATOMs an den Ausgaben für das Projekt in den Jahren 1976-1978 benötigten Mittel belaufen sich auf 16 Mio ERE (= 80% von 20 Mio ERE). Diese Mittel sind der durch Ratsbeschluss vom 20. Mai 1978²⁾ gebilligten Zuweisung von 102,4 Mio ERE entnommen worden. Die Kommission beabsichtigt diesen Beschluss aufzuheben, und zwar mit Wirkung vom 1. Januar 1979 wenn das neue Programm 1979-1983 in Kraft treten sollte. Die zur Beteiligung EURATOMs an den Ausgaben des Gemeinsamen Unternehmens für den Zeitraum von 1979 bis Mitte 1983 erforderlichen Mittel werden auf 131,7 Mio ERE (= 147,7 - 16 Mio ERE) geschätzt. Die Mittelzuweisung für das Programm Fusion 1979-1983 muss daher diesen Betrag umfassen.

Während der zweiten Hälfte des Jahres 1983 wird JET in der Betriebsphase sein. Es wird angenommen, dass die jährlichen Ausgaben von JET während der Betriebsphase nicht wesentlich von denjenigen der Bauphase abweichen.

1) Amtsblatt Nr L151 vom 7.6.1978, Seite 11

2) Amtsblatt Nr L151 vom 7.6.1978, Seite 8

Auf dieser Grundlage wird der Mittelbedarf für JET während des zweiten Halbjahres 1983 auf 18 Mio ERE veranschlagt. Hiervon müsste die Gemeinschaft 80% = 14,5 Mio ERE tragen. Dieser Betrag ist in der Mittelanforderung der Kommission für den Zeitraum 1979-1983 nicht enthalten.

Mit dem Beschluss vom 30. Mai 1978¹⁾ hat der Rat dem Fusionsprogramm 1976-1980 zur Durchführung des JET-Projekts 150 Mitarbeiter auf Zeit zugewiesen, gemäss Artikel 2 (a) der "Beschäftigungsbedingungen für die sonstigen Bediensteten der Europäischen Gemeinschaften". Diese Zuweisung sollte durch den das Fusionsprogramm 1979-1983 betreffenden Ratsbeschluss bestätigt werden und möglicherweise anlässlich der 1981 vorzunehmenden Revision überprüft werden.

Mögliche Entwicklung

Die Kommission hat bereits darauf hingewiesen, dass ein Teil der Mittel, die erforderlich sind, um die Apparatur zur erweiterten Leistung zu bringen, wahrscheinlich in der zweiten Hälfte der Bauphase gebunden werden müssen²⁾. Es handelt sich um eine Mittelbindung in Höhe von 50 Mio ERE, und es war die Absicht der Kommission, die 80% anlässlich der 1981 durchzuführenden Revision beim Rat zu beantragen. In Anbetracht der letztthin erzielten wissenschaftlichen Fortschritte könnten sich eine Beschleunigung des Baus von JET und ein früherer Übergang zu der erweiterten Leistung als wünschenswert erweisen (III.3.2.1). Sollte dies möglich sein, so könnten die zusätzlichen Mittelbindungen einer ersten Schätzung des JET-Teams zufolge auf 62 Mio ERE veranschlagt werden (Wert Juli 1978 und einschliesslich unvorhergesehener Ausgaben und Kosten für zusätzliches Personal); ein Teil davon sollte 1980 gebunden werden. Die wichtigsten Posten wären die zur Erhöhung des Magnetfelds auf 35 kG erforderlichen Energielieferungen, die zur Erreichung einer Gesamtleistung von 25 MW erforderliche Zusatzheizung sowie die Fernbedienung und die Tritium-Ausrüstung für D-T Betrieb.

Diese Frage muss von den Organen des Gemeinsamen Unternehmens JET geprüft werden. Die Kommission wird den Ministerrat rechtzeitig informieren und gegebenenfalls einen entsprechenden Vorschlag vorlegen.

1) Amtsblatt L151 vom 7.6.1978, Seite 8

2) R/820/78 (ATO 17)

IV.2.7 Von der Kommission für 1979-1983 angeforderte Mittel

1. Programm der Assoziationen

Die von der Kommission für das Programm 1979-1983 angeforderten Mittel (ohne JET, zu den wirtschaftlichen Bedingungen von Januar 1979) gliedern sich wie folgt:

	Gesamtvolumen	%	Beitrag der Kommission
Grundfinanzierung	616	25	154
Vorrangige Förderung	120	45	54
Mobilität des Personals	2	100	2
Management und Verwaltung	<u>7</u>	100	<u>7</u>
Insgesamt	745 Mio ERE		217 Mio ERE =====

Was den Etat betrifft, so werden die zur Finanzierung des Programms 1979-1983 der Assoziationen erforderlichen neuen Mittel auf 177 Mio ERE (217 - 40 Mio ERE) veranschlagt, wobei die aus dem Programm 1976-1980 noch verfügbaren Mio RE berücksichtigt sind.

Eine Verringerung dieser Mittel würde neue Schwierigkeiten bei der Durchführung des Programms mit sich bringen. In Übereinstimmung mit dem BAF sollte vermieden werden, dass die von der Kommission zu bewilligenden Mittel nicht ausreichen, um die mit 25% und mit 45% zu finanzierenden Ausgaben der Assoziierungspartner zu decken.

2. JET

Die erforderlichen Mittel für die Beteiligung von EURATOM an den Aufwendungen für die Bauphase des JET im Rahmen des Programms 1979-1983 belaufen sich auf 131,7 Mio ERE zu den wirtschaftlichen Bedingungen von Januar 1977. In diesen Betrag sind nicht eingeschlossen

- die erforderlichen Mittel für die EURATOM-Beteiligung an den Ausgaben während der Betriebsphase des Projekts im Jahre 1983, die auf rund 18 Mio ERE veranschlagt werden, die aber höher liegen dürften, wenn die Betriebsphase vor Mitte 1983 anlaufen sollte;
- die erforderlichen Mittel für die EURATOM-Beteiligung an den Kosten, die sich aus einer möglichen Beschleunigung der Projektdurchführung zwecks Aufnahme des Betriebs bei erweiterter Leistung ergeben (siehe IV.2.6).

3. Gesamtmittel

Es wird daher folgende Mittelzuweisung neu beantragt:

	Mio ERE	
Für die Beteiligung an dem Programm der Assoziationen	217	zu den wirtschaftlichen Bedingungen von Januar 1979
Für die Beteiligung am JET	131,7	zu den wirtschaftlichen Bedingungen von Januar 1977
Insgesamt:	<u>348,7 Mio ERE</u>	

Es ist zu bemerken, dass die Mittelzuweisung für die Beteiligung am JET vom Rat bereits gebilligt worden ist.

IV.3

Organisation

Die Organisation des Fusionsprogramms der Gemeinschaft basiert auf bilateralen Assoziationsverträgen zwischen EURATOM und den Einrichtungen der Mitgliedstaaten und in Schweden, die aktiv an der Fusionsforschung beteiligt sind. Jede Assoziation hat einen Lenkungsausschuss, der aus einer kleinen Anzahl von Vertretern der Kommission und der Partnereinrichtung besteht. Dieser Ausschuss tritt zwei- oder dreimal im Jahr zusammen, und ist im wesentlichen für die Programme und Budgets der Assoziation verantwortlich.

Für das Fusionsprogramm der Gemeinschaft als ganzes spielen drei Gremien auf unterschiedlicher Ebene eine beratende und koordinierende Rolle:

- (1) Die Verbindungsgruppe, die sich aus leitenden Wissenschaftlern der Assoziationen und der Kommission zusammensetzt, ist dafür verantwortlich, der Kommission und den Assoziationen wissenschaftlichen und technischen Rat für neue Programme zu geben und die Kommission bei der Zuerkennung von vorrangiger Förderung (45%) zu beraten.

Entsprechend dem Beschluss des Rates vom 25. März 1976 ¹⁾ kann diese vorrangige Förderung von seiten der Kommission nur solchen

¹⁾ Amtsblatt Nr. L90 vom 3.4.1976, Seite 13

Projekten zugesprochen werden, denen von der Verbindungsgruppe eine Priorität eingeräumt wurde. Darüberhinaus spielt die Verbindungsgruppe die Rolle eines "Beratungsgremiums für das Programm-Management" bei dem Fusionsteil des JRC-Programms ¹⁾. Die Verbindungsgruppe trifft sich etwa dreimal im Jahr. Diese Institution wird gegenwärtig von sechs Beratergruppen unterstützt, eine für jede der Hauptlinien des Programms - Tokamaks, Screw Pinches und Hoch-Beta-Stellaratoren, Stellaratoren mit niedrigem Beta, Aufheizung und Injektion, sehr hohe Dichte, sowie Technologie. Die Beratergruppen setzen sich aus Experten aller Assoziierten Laboratorien zusammen und treffen sich viermal im Jahr.

- (2) Der Direktorenausschuss, zusammengesetzt aus den Direktoren der assoziierten Laboratorien und dem Direktor des Kommissions-Fusionsprogramms, ist verantwortlich für Vorbereitung der die Programme betreffenden Entscheidungen, für die Bedingungen der Interventionen durch die Kommission, für die Mobilität und den Austausch von Personal und für verschiedene Probleme, die die Zusammenarbeit auch ausserhalb der assoziierten Laboratorien und ausserhalb der Gemeinschaft betreffen.

Ausserdem kann der Ausschuss gebeten werden, als technisches Berater-Gremium für den BAF tätig zu werden; er trifft sich in der Regel jeden zweiten Monat.

Ad hoc Gruppen und koordinierende Ausschüsse werden, wenn nötig, für spezielle Gebiete (Datensammlung, Berechnung, usw.) von dem Direktorenausschuss berufen. Zur Vorbereitung des neuen Teils des Programms zur Fusionstechnologie wurden im Januar 1978 vier Expertengruppen eingesetzt: "Materialentwicklung für die Fusion"; "Magnetentwicklung"; "Tritium- und Blanket-Technologie"; und "Sicherheit und Systemstudien". Die vorgeschlagenen Programme, die von diesen Gruppen in den jeweiligen Kompetenzbereichen vorbereitet wurden, wurden zur Beratung der Advisory Group on Fusion Technology und der Verbindungsgruppe überwiesen.

- (3) Der Beratende Ausschuss Fusion (BAF), der nach einem Beschluss der Kommission vom 26. März 1976 gegründet wurde und der sich aus für Nuklear- und Energieforschung verantwortlichen Beamten aus den Mitgliedstaaten und Schweden zusammensetzt, ist verantwortlich für

¹⁾ Amtsblatt Nr. C192 vom 11.8.1977, Seite 1

die Beratung der Kommission (seine Stellungnahmen werden auch dem Rat mitgeteilt) für folgende Probleme:

- Durchführung und Entwicklung des Programms (das JET-Projekt eingeschlossen)
- Änderung der Forschungsziele, falls dies nötig erscheint
- Vorbereitung zukünftiger Programme
- Festlegung des Gesamtumfangs der Fusionsforschungsaktivitäten im europäischen Rahmen
- zunehmende Konzentrierung und Integration der in den Mitgliedstaaten durchgeführten Arbeiten.

Was das JET-Projekt anbetrifft, so ist seine Managementstruktur in der Satzung des "JET Joint Undertaking" definiert. Sie besteht im wesentlichen aus JET-Rat und JET-Exekutivausschuss.

Die Organisation des Fusionsprogramms der Gemeinschaft hat sich in der Vergangenheit ständig den Bedürfnissen des Programms entsprechend entwickelt. Zwei Verbesserungen könnten in naher Zukunft eingeführt werden:

- eine mögliche Reduzierung der Anzahl der Beratergruppen (Advisory Groups) und eine Neudefinition ihrer Richtlinien unter Berücksichtigung des Fortschreitens des Programms sollte von der Verbindungsgruppe nach der Verabschiedung des Programms 1979-1983 entschieden werden;
- für die Koordination und Durchführung des Technologieprogramms sollte ein Unterausschuss des Direktorenausschusses gegründet werden. Den Anforderungen entsprechend könnte dieser Unterausschuss den Rat von Expertengruppen einholen, ähnlich denen, die zur Vorbereitung des neuen Teils des Technologieprogramms eingesetzt worden sind.

B) VORSCHLAG FÜR EINEN
BESCHLUSS DES RATES
vom

zur Festlegung eines Forschungs- und Ausbildungsprogramms (1979-1983) für
die Europäische Atomgemeinschaft
auf dem Gebiet der kontrollierten Kernfusion

DER RAT DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN,

gestützt auf den Vertrag zur Gründung der Europäischen Atomgemeinschaft,
insbesondere auf Artikel 7,

auf Vorschlag der Kommission, die den Ausschuss für Wissen-
schaft und Technik angehört hat,

nach Stellungnahme des Europäischen Parlaments¹⁾,

nach Stellungnahme des Wirtschafts- und Sozialausschusses²⁾,

in Erwägung nachstehender Gründe:

Mit Beschluss 76/345 Euratom³⁾, geändert durch Beschluss 78/470 Euratom⁴⁾,
legte der Rat das Forschungs- und Ausbildungsprogramm (1976/1980) auf dem
Gebiet der Fusion und Plasmaphysik fest. Dieser Beschluss bestimmt in
seinem Artikel 3, dass die Kommission dem Rat 1978 einen Vorschlag zur
Revision unterbreitet mit dem Ziel, das Programm 1976/1980 ab 1. Januar
1979 durch ein neues Fünfjahresprogramm zu ersetzen.

In Anbetracht der Anstrengungen, die noch erforderlich sind, um das Stadium
der Anwendbarkeit der kontrollierten Kernfusion - welche der Gemeinschaft
insbesondere im allgemeineren Rahmen ihrer langfristigen Energieversorgungssicher-
heit zugute kommen könnte - zu erreichen, sind die bisher auf diesem Gebiet
in Angriff genommenen Arbeiten in den verschiedenen Entwicklungsphasen
gemeinsam fortzuführen.

Die während der letzten Jahre auf diesem Gebiet in der Gemeinschaft und welt-
weit erzielten wissenschaftlichen Fortschritte haben insbesondere für Anlagen
des Tokamak-Typs die Notwendigkeit aufgezeigt, grössere und kompliziertere
Apparaturen zu bauen und besondere Anstrengungen zu unternehmen zur Entwicklung
von Techniken der Plasmaheizung sowie in Zusammenarbeit mit der GFS zur Unter-
suchung bestimmter technologischer Probleme.

1) ABl. Nr.
2) ABl. Nr.
3) ABl. Nr. L90 vom 3.4.1976, S. 12
4) ABl. Nr. L151 vom 7.6.1978, S. 8

Es ist notwendig, die Gemeinschaft mit einer grossen Apparatur vom Typ Tokamak (JET: Joint European Torus) auszustatten.

Die von der Kommission vorgeschlagenen Forschungsarbeiten stellen ein angemessenes Mittel zur Fortsetzung der Aktion dar, und es liegt daher im gemeinsamen Interesse, ein Mehrjahresprogramm auf dem Gebiet der kontrollierten Kernfusion zu verabschieden, das im übrigen Voraussetzung ist für die Beteiligung der Gemeinschaft an der sich stetig verstärkenden weltweiten Zusammenarbeit auf diesem Gebiet.

Es ist wichtig, dass die Gemeinschaft einerseits weiterhin die Herstellung bestimmter Ausrüstungen für als vorrangig angesehene Aktionen fördert, indem sie sich an den damit verbundenen Ausgaben zu einem Präferenzsatz beteiligt, und dass sie andererseits die Verwirklichung grosser Projekte fördert, die von allen oder mehreren assoziierten Laboratorien gemeinsam durchgeführt werden.

Es empfiehlt sich weiterhin, die Mobilität des Personals zwischen den Stellen zu fördern, die in der Ausführung des Programms zusammenarbeiten -

BESCHLIESST:

Artikel 1

Ein Forschungs- und Ausbildungsprogramm auf dem Gebiet der kontrollierten Kernfusion, das im Anhang beschrieben ist, wird für einen am 1. Januar 1979 beginnenden Fünfjahreszeitraum festgelegt.

Artikel 2

Der Gesamtbedarf für die volle Dauer des Programms ohne JET wird auf 217 Millionen Europäische Rechnungseinheiten und auf 113 Bedienstete geschätzt.

Der Gesamtbedarf für die Bauphase des JET Projektes während der Dauer des Programmes wird auf 131,7 Millionen Europäische Rechnungseinheiten und auf 150 Bedienstete auf Zeit im Sinne von Artikel 2 Buchstabe a) der Beschäftigungsbedingungen für die sonstigen Bediensteten der Europäischen Gemeinschaften geschätzt.

Diese Zahlenangaben haben lediglich Anhaltswert.

Der Wert der Europäischen Rechnungseinheit ist in Artikel 10 der Haushaltsordnung vom 21. Dezember 1977 für den Gesamthaushaltsplan der Europäischen Gemeinschaften festgelegt⁵⁾.

Artikel 3

Die Kommission unterbreitet dem Rat 1981 einen Vorschlag zur Revision mit dem Ziel, das gegenwärtige Programm ab 1. Januar 1982 durch ein neues Fünfjahresprogramm zu ersetzen.

Artikel 4

Die Beschlüsse 76/345/Euratom und 78/470/Euratom werden aufgehoben. Dieser Beschluss tritt am 1. Januar 1979 in Kraft.

Geschehen zu Brüssel am

Im Namen des Rates

Der Präsident

5) ABl. Nr. L356 vom 31.12.1977, S. 1

A N H A N G

KONTROLLIERTE KERNFUSION

1. Gegenstand des Programms sind:

- (a) Plasmaphysik auf dem betreffenden Gebiet, insbesondere Grundlagenstudien bzw. Untersuchungen über die Einschliessung von Plasmen mit Hilfe geeigneter Vorrichtungen sowie Methoden zur Erzeugung und Aufheizung von Plasmen;
- (b) Untersuchungen über die Einschliessung von Plasmen veränderlicher Dichte und Temperatur in geschlossenen Konfigurationen mit langen Einschlusszeiten und möglichst unter Erreichung der Zündungsbedingungen;
- (c) Erzeugung und Untersuchung von Plasmen hoher und sehr hoher Dichte, und insbesondere Untersuchung der Laserfusion;
- (d) Entwicklung von Plasma-Aufheizmethoden angemessener Leistung und der Anwendung auf Einschlussvorrichtungen;
- (e) Verbesserung der diagnostischen Methoden;
- (f) Untersuchungen über technische Probleme im Zusammenhang mit den laufenden Forschungen sowie über technologische Probleme bei thermonuklearen Reaktoren;
- (g) Verwirklichung des JET Projektes.

Die unter (a), (b), (c), (d), (e) und (f) genannten Arbeiten werden im Rahmen von Assoziierungsverträgen oder zeitlich begrenzten Verträgen zur Erzielung der für die Verwirklichung des Programms erforderlichen Ergebnisse durchgeführt, wobei die von der GFS insbesondere auf dem Gebiet der Technologie geleisteten und unter (f) genannten Arbeiten berücksichtigt werden.

Die Verwirklichung des JET Projektes wird dem Gemeinsamen Unternehmen "Joint European Torus" (JET, Joint Undertaking" anvertraut, das mit Entscheidung 78/471 Euratom (6) errichtet worden ist.

6) ABL. Nr. L151 vom 7.6.1978, S. 10

2. Das unter Nummer 1 definierte Programm stellt einen Bereich langfristiger Zusammenarbeit dar, der sämtliche Tätigkeiten auf dem Gebiet der kontrollierten Kernfusion in den Mitgliedstaaten umfasst. Es soll zu gegebener Zeit zur gemeinsamen Herstellung von Prototypen im Hinblick auf ihre Entwicklung zur Serienreife und ihre Vermarktung führen.
3. Der Gesamtbedarf für die Dauer des Programms ohne JET wird auf 217 Millionen Europäische Rechnungseinheiten und auf 113 Bedienstete geschätzt. Dieser Betrag soll folgende Ausgaben decken:
 - Ausgaben für die Ausrüstungen im Zusammenhang mit den Aktionen, die als vorrangig angesehen werden, sowie bestimmte Ausgaben für die Unterstützung von JET,
 - Kosten der Mobilität des Personals,
 - sonstige Ausgaben im Zusammenhang mit den im Rahmen des Programms ohne JET durchzuführenden Aktionen.
4. Die dem Programm ohne JET zugewiesenen Mittel können wie folgt gegliedert werden:
 - (a) ungefähr 25% zur Finanzierung von Vorhaben mit einem Präferenzbeteiligungssatz gemäß den Bestimmungen in Nummer 5;
 - (b) ungefähr 4% für Verwaltungsausgaben sowie für Ausgaben, welche die Mobilität des Personals der Mitgliedstaaten sicherstellen, damit dieses in den Stellen arbeiten kann, die bei der Durchführung dieses Programms zusammenarbeiten;
 - (c) der Betrag, der nicht für die Vorhaben und Ausgaben nach den Buchstaben (a) und (b) verwendet wird, wird für die Beteiligung der Gemeinschaft an den sonstigen Ausgaben der Assoziationen verwendet. Für diese Beteiligung gilt ein einheitlicher Satz von etwa 25%.

5. Die Verbindungsgruppe kann nach technischer Prüfung Vorhaben, die zu den nachstehend definierten Bereichen gehören, Vorrangigkeit zuerkennen:

- Tokamak und JET
- Sonstige toroidale Maschinen
- Aufheizung und Injektion
- Fusionstechnologie
- Trägheitseinschluss

Die Kommission kann diese Vorhaben zu einem einheitlichen Präferenzbeteiligungssatz von ungefähr 45% finanzieren. Als Gegenleistung können alle Assoziationspartner an den mit Hilfe dieser Vorhaben durchgeführten Versuchen teilnehmen.

6. Der Gesamtbedarf für die Bauphase des JET-Projektes während der Dauer des Programms wird auf 131,7 Millionen Europäische Rechnungseinheiten und auf 150 Bedienstete auf Zeit geschätzt. Dieser Betrag wird dazu verwendet, die Bauphase des JET Projektes mit einem Beteiligungssatz von 80% zu finanzieren.

c) STELLUNGNAHME DES AUSSCHUSSES FÜR WISSENSCHAFT UND TECHNIK (AWT) ZU
DEM ENTWURF EINES VORSCHLAGS FÜR EIN FÜNFJAHRESPROGRAMM 1979-1983
AUF DEM GEBIET DER KONTROLLIERTEN THERMONUKLEAREN FUSION

- Der AWT hat den Kommissionsvorschlag für ein Fünfjahresprogramm 1979-1983 auf der Sitzung vom 16. Oktober 1978 geprüft.
- Der Ausschuss hat mit Befriedigung von den jüngsten Fortschritten im Bereich des magnetischen Einschlusses Kenntnis genommen. Diese Fortschritte stärken das Vertrauen darauf, dass JET die vorgesehenen Ziele erreichen wird, und sie lassen erwarten, dass die "wissenschaftliche Durchführbarkeit"¹⁾ der Fusion in dem Tokamak-System um die Mitte der achtziger Jahre nachgewiesen werden dürfte; sie rechtfertigen eine Verstärkung der Bemühungen auf dem Gebiet der Fusion. Mithin sieht der Ausschuss das vorgeschlagene allgemeine Programm²⁾ als vertretbar an.
- Der Ausschuss stellt fest, dass die Kommission seiner frühere Stellungnahme entsprechend schrittweise zu einer erheblichen Konzentration ihrer Mittel auf zwei genau definierte Ziele übergeht: Tokamak und Heizung. In Bezug auf die alternativen Systeme im Rahmen des magnetischen Einschlusses empfiehlt der AWT, die Konzentration der Bemühungen auf eine einzige Linie, die dann mit signifikanten Mitteln bearbeitet wird, anzustreben. Die Zersplitterung der Bemühungen müsste durch eine verstärkte internationale Zusammenarbeit vermieden werden.
- Der AWT weist darauf hin, dass er in seiner früheren Stellungnahme gefordert hatte, bei der Programmrevision besondere Aufmerksamkeit auf die Fusion mittels Trägheitseinschluss und auf die technologischen Probleme zu richten. Dementsprechend
 - wünscht der AWT, dass sich die grundsätzlichen Probleme im Zusammenhang mit dem Trägheitseinschluss so bald wie möglich klären lassen, damit es möglich ist, diesbezüglich zu einem Standpunkt zu gelangen. Inzwischen erscheint es zweckdienlich, das vorgeschlagene Mindestprogramm durchzuführen;

-
- 1) Wissenschaftliche Durchführbarkeit: Bedingungen, unter denen mittels Fusion mehr Energie erzeugt wird, als für die Aufheizung des Plasmas einzusetzen ist.
- 2) Allgemeines Programm: von der Kommission vorgeschlagenes Programm ohne Errichtung und Betrieb des JET.

in Anerkennung der Notwendigkeit, bedeutende technologische Fortschritte zur Vorbereitung der auf den JET folgenden Phase zu erzielen, sieht der AWT die von der Kommission vorgeschlagenen Aktionen im technologischen Bereich als positiv an, spricht sich jedoch dafür aus, sie mit Umsicht durchzuführen. Er empfiehlt eine Erweiterung der Systemstudien, die Leitlinien für die Ausarbeitung des technologischen Programms liefern sollten.

- Der Ausschuss hebt hervor, dass der JET Bestandteil des Fusionsprogramms ist. Er betont, wie die Kommission es in ihrem Programmvorschlag getan hat, dass die Assoziationen verpflichtet sind, einen wirksamen Beitrag zum Erfolg des JET zu leisten. Der Ausschuss ist darüber unterrichtet worden, dass auf Grund der jüngsten Fortschritte Massnahmen vorgesehen sind, um den Bau des JET und die Vorbereitung der Betriebsphase zu beschleunigen. Die dafür erforderlichen finanziellen Mittel sind noch nicht genau veranschlagt worden, und sie sind in dem Programmvorschlag der Kommission nicht berücksichtigt. Ein Teil dieser Mittel könnte ab 1981 benötigt werden.
- Der AWT bestätigt erneut die Vorteile des Konzepts eines gleitenden Programms: Möglichkeit der periodischen Überprüfung der Ziele und Mittel, Gewähr für Kontinuität bei der Programmabwicklung und Möglichkeit der Berücksichtigung etwaiger Änderungen der wirtschaftlichen Bedingungen.

Stellungnahme
des Beratenden Ausschusses Fusion (BAF)
zu dem Entwurf eines Vorschlags für ein
Fünfjahresprogramm 1979-1983 über kontrollierte Kernfusion,
abgegeben in seiner Sitzung vom 25. Oktober 1978
=====

- Der BAF hat den von der Kommission vorgelegten Entwurf eines Vorschlags für ein Fünfjahresprogramm 1979-1983 geprüft.
- Der Ausschuss betont die Wichtigkeit und Notwendigkeit des Grundsatzes des gleitenden Programms.
- Der Ausschuss ist einhellig der Auffassung, dass die endgültige Festlegung des Programms durch Ratsbeschluss rasch erfolgen muss (spätestens Mitte 1979). Die Vorlage der Kommission ist eine gute Grundlage für den allgemeinen Teil des Fünfjahresprogramms.*
- Der BAF ist sich bewusst, dass zur Zeit aufgrund kürzlich erfolgter wissenschaftlicher Fortschritte ein Vorschlag ausgearbeitet wird mit dem Ziel, den Bau von JET zu beschleunigen und den Zugang zu den erweiterten Leistungen vorzuverlegen. Er empfiehlt der Kommission, in ihren Programmvorschlag alle hierüber verfügbaren Informationen zusammen mit einer Schätzung der zusätzlich erforderlichen Mittel aufzunehmen.

* - das von der Kommission vorgeschlagene Programm ausgenommen
Bau und Betrieb von JET

D) FINANZBOGENI) PROGRAMM FUSION OHNE JET

1. HAUSHALTSLINIE: 3351
2. BEZEICHNUNG DER HAUSHALTSLINIE: Kontrollierte Kernfusion einschliesslich des JET Projekts. Dieser Teil des Finanzbogens betrifft nur das Programm Fusion ohne JET.
3. RECHTSGRUNDLAGE: Art. 7 des EURATOM-Vertrages
Ratsbeschluss 76/345¹⁾ und
vorgesehener Ratsbeschluss vor April 1979.

4. BESCHREIBUNG, ZIEL UND BEGRÜNDUNG DES VORHABENS:

4.1 Beschreibung

Das Vorhaben beinhaltet die Fortführung des Forschungsprogrammes auf dem Gebiet der kontrollierten Kernfusion und umfasst sämtliche Tätigkeiten in den Mitgliedstaaten auf diesem Gebiet. Schweden und die Schweiz sind mit dem Programm assoziiert. Es sieht insbesondere Untersuchungen des magnetischen und Trägheitseinschlusses des Plasmas sowie der Fusions-technologie vor.

4.2 Ziel

- a) Die kurzfristigen Ziele des Programmes sind:
 - sowohl auf dem Gebiet der Physik als auch der Technologie ausreichend Kenntnisse zu erhalten um die auf JET folgende(n) Maschine(n) soweit definieren zu können, dass ihr Bau während des nächsten Fünfjahresplans begonnen werden kann. Insbesondere sollten die Forschungen zur Bestimmung der optimalen Feldgrösse und Dimensionen der auf JET folgenden Maschine führen und die Entscheidung ermöglichen ob diese Maschine Elektrizität und Tritium erzeugen soll, sowie die zur Wahl zwischen supraleitenden oder normalen Spulen erforderlichen experimentellen Kriterien liefern;

1) Amtsblatt Nr. L 90 vom 3.4.1976

- zu prüfen, in welchem Masse andere magnetische Einschliessungssysteme (Stellarator, Pinch mit umkehrendem Feld) eine echte Alternative zu den Tokamaks darstellen;
 - Durchführung eines Minimalprogramms über Trägheitseinschluss.
- b) Endziel des Programmes ist die Energieerzeugung zu wettbewerbsfähigen Preisen mittels der nuklearen Fusion leichter Atomkerne, und falls dies gelingt, der gemeinsame Bau von Prototypen mit dem Ziel ihrer Industrialisierung und Vermarktung.

4.3 Begründung

Das Problem der weltweiten langfristigen Energieversorgung ist noch weit von seiner Lösung entfernt. Die Kernfusion ist eine der ganz wenigen Energiequellen, welche dieses Problem lösen oder wesentlich zu seiner Lösung beitragen könnten, und dies in einer für Europa ganz besonders vorteilhaften Weise.

Die hauptsächlichen Gründe für die Durchführung der Forschungen auf diesem Gebiet in einem gemeinschaftlichen Rahmen sind:

- Grösse der notwendigen personellen und finanziellen Aufwendungen lassen eine solche Entwicklung auf nationaler Ebene als kaum durchführbar erscheinen;
- der gemeinsame Bedarf aller Mitgliedstaaten;
- die Dauer der zu leistenden Bemühungen bis zum Bau eines Reaktors, die sich bis an das Jahrhundertende erstrecken können;
- im Erfolgsfalle, die Eröffnung eines bedeutenden Binnenmarktes für den europäischen Reaktor.

5. FINANZIELLE AUSWIRKUNG DES VORHABENS WÄHREND DER VORGESEHENEN GESAMTDAUER (in ERE)

5.0 Auf die Ausgaben (Zeitraum von 1979 bis 1983)

5.0.0 Kosten zu Lasten:

- des Gemeinschaftshaushaltes	217.000.000 ¹⁾
- der einschlägigen nationalen Instanzen	528.000.000
Gesamtkosten	745.000.000

- 1) Der Betrag von 217.000.000 ERE gliedert sich wie folgt:
31.463.000 aus den Mitteln des Programms 1976/80 bereits erfolgte Mittelbindungen
8.537.000 noch zur Verfügung stehende Verpflichtungsermächtigungen aus 1976/80
177.000.000 neuer Mittelbedarf für das Programm 1979/83
217.000.000

5.1 Mehrjähriger Fälligkeitsplan

Um dem gleitenden Charakter des Programmes Fusion Rechnung zu tragen umfasst der nachfolgende Fälligkeitsplan den Zeitraum von 1976 bis 1983 und damit sowohl das laufende Programm 1976/80 als auch das neue Programm 1979/83. Diesem Zeitraum 1976/83 entspricht eine Gesamt-Mittelzuweisung von 301 Mio ERE = 84 Mio ERE für 1976/78 und 217 Mio ERE für 1979/83.

5.1.1 Verpflichtungsermächtigungen (RE 1976/77, ERE 1978/83) (gerundet auf Tausend)

Ausgabenart	1976 Ist endgültig	1977 Ist vorläufig	1978 Haushalt 1978 + Restmittel aus 1977	1979	1980	1981	1982	1983	Insgesamt
Personalausgaben	3.240.000	3.782.000	6.157.000	6.127.000	6.561.000	6.955.000	7.372.000	7.815.000	48.009.000
Betriebsausgaben, Verwaltung und Technik	135.000	170.000	171.000	231.000	247.000	264.000	282.000	302.000	1.802.000
Verträge	10.658.000	82.773.000	8.377.000	20.054.000	113.327.000	8.000.000	8.000.000	-	251.189.000
Insgesamt	14.033.000	86.725.000	14.705.000	26.412.000 (6.412.000 AP + 20.000.000 NP)	120.135.000 (2.125.000 AP + 118.010.000 NP)	15.219.000	15.654.000	8.117.000	301.000.000 (1)

- (1) Die gesamten 1976-1978 eingegangenen Verpflichtungen belaufen sich auf 115.463.000 ERE. Davon entfallen 84.000.000 ERE auf 1976-1978 durchgeführte Arbeiten und 31.463.000 ERE auf 1979 und später durchzuführende Arbeiten.

Die für 1979 bis 1983 beantragten Verpflichtungsermächtigungen betragen insgesamt 185.537.000 ERE. Hiervon stehen noch 8.537.000 aus dem Programm 1976-80 zur Verfügung; daher $185.537.000 - 8.537.000 = 177.000.000$ neuer Mittelbedarf. Zu den 185.537.000 sind 31.463.000 hinzuzufügen, die vor 1979 gebunden wurden für Arbeiten, die 1979 oder später ausgeführt werden: $185.537.000 + 31.463.000 = 217.000.000$.

NP = Neues Programm 1979/83
AP = Altes Programm 1976/80

5.1.2 Zahlungsermächtigungen (RE 1976/77, ERE 1978/83) (gerundet auf Tausend)

Ausgabenart	1976 Ist endgültig	1977 (ein- schliesslich der auf 1978 übertrage- nen Zahl- ungsmittel)	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	Insgesamt
Personalausgaben	3.240.000	3.782.000	6.157.000	6.127.000	6.561.000	6.955.000	7.372.000	7.815.000	-	48.009.000
Betriebsausgaben, Verwaltung und Technik	135.000	170.000	171.000	231.000	247.000	264.000	282.000	302.000	-	1.802.000
Verträge	17.908.000	16.787.000	19.525.000	30.454.000	33.000.000	36.000.000	40.000.000	44.000.000	13.515.000	251.189.000
Insgesamt	21.283.000	20.739.000	25.853.000	AP 26.812.000 NP 10.000.000 Tot 36.812.000	AP 29.313.000 NP 10.495.000 Tot 39.808.000	43.219.000	47.654.000	52.117.000	13.515.000	301.000.000 ⁽¹⁾

(1) Zahlungen 1976-1978: 67.875.000 ERE

Zahlungen 1979-1984: 233.125.000 ERE

Insgesamt 301.000.000 ERE

Der für den Zeitraum 1979-1984 ausgewiesene Betrag von 233.125.000 enthält
16.125.000 für Arbeiten, die vor diesem Zeitraum durchgeführt worden sind:

233.125.000
- 16.125.000
217.000.000

5.2 Berechnung

a) Personalausgaben

Das für dieses Programm vorgeschlagene Personal umfasst folgende Bedienstete:

Jahr	A	B	C	Insgesamt
1979	74	35	3	112
1980 - 1983	75	35	3	113

Die Berechnungen beruhen auf den für die Erstellung des Vorentwurfs des Haushalts 1979 massgeblichen Tarifen. Für den Zeitraum 1980-1983 wurde eine Personalkostensteigerung von 6% pro Jahr zu Grunde gelegt.

b) Administrative und technische Betriebsausgaben

Sie umfassen die Kosten für Dienstreisen, Ortswechsel, Sachverständige und die Veranstaltung von Sitzungen, sowie für die Benutzung einer administrativen und technischen Unterstützung.

c) Vertragsausgaben

Die Kosten für die Durchführung des Programmes Fusion in den assoziierten Instituten in der Gemeinschaft werden für den Zeitraum 1979 bis 1983 auf 736 Mio ERE geschätzt, einschliesslich das diesen Instituten zugewiesene Personal der Kommission. Die Gemeinschaft soll diese Ausgaben zu etwa 25% finanzieren. Dieser Prozentsatz soll bei bestimmten von der Verbindungsgruppe als vorrangig eingestuften Vorhaben auf 45% angehoben werden. Die grosse Masse dieser Ausgaben sollte zu Beginn des neuen Programms 1979/83 gebunden werden.

Die Ausgaben für die Mobilität des Personals mit Ausnahme des Gemeinschaftspersonals werden für den Zeitraum 1979/83 auf 2 Mio ERE geschätzt.

5.3 Auswirkungen auf die Einnahmen

- Gemeinschaftssteuer auf die Gehälter der Gemeinschaftsbediensteten.
- Beitrag dieser Bediensteten zur Altersversorgung.

6. VORGESEHENE KONTROLLEN

- Wissenschaftliche Kontrolle:
- Lenkungsausschüsse. Sie werden eingesetzt mittels der Assoziationsverträge, die mit den nationalen Instituten abgeschlossen werden.
 - Direktorenausschuss, eingesetzt von den Assoziationsverträgen.
 - Verbindungsgruppe, vom Rat als "CCMGP" anerkannt (Amtsblatt Nr. C192 vom 11.8.1977, Seite 1).
 - Beratender Ausschuss Fusion, von der Kommission errichtet aufgrund von Artikel 135 des Euratom-Vertrages.

Administrative und
finanzielle Kontrolle:

- Lenkungsausschüsse.
- Finanzkontrolle und Vertragsabteilung der GD XII der Kommission.
- Rechnungshof.

7. FINANZIERUNG DES VORHABENS

Mitteleinschreibung in die zukünftigen Haushalte (1979-1984).

II) JET PROJEKT

1. HAUSHALTSLINIE: 3351
2. BEZEICHNUNG DER HAUSHALTSLINIE: Kontrollierte Kernfusion einschliesslich des JET Projekts. Der vorliegende Teil des Finanzbogens betrifft nur das JET Projekt.
3. RECHTSGRUNDLAGE: Art. 7 des EURATOM-Vertrages
Ratsbeschluss 78/470/Euratom vom 30.5.1978
(Amtsblatt Nr. L151 vom 7.6.1978, Seite 8) und
vor April 1979 vorgesehener Ratsbeschluss.

4. BESCHREIBUNG, ZIEL UND BEGRÜNDUNG DES VORHABENS

4.1 Beschreibung

Bau, Betrieb und Nutzung einer grossen Torus-Anlage des Tokamak-Typs und deren Nebeneinrichtungen (Joint European Torus - JET) im Rahmen des Fusionsprogramms der Gemeinschaft und zum Nutzen der Teilnehmer an diesem Programm, mit dem Ziel, den Parameterbereich für Experimente zur kontrollierten Kernfusion an die für einen thermonuklearen Reaktor erforderlichen Bedingungen anzunähern.

4.2 Ziel

Erzeugung und Untersuchung eines Plasmas mit Dimensionen und unter Bedingungen, die sich denen eines thermonuklearen Reaktors annähern. Dieses Ziel beinhaltet vier Haupttätigkeitsbereiche:

- (i) Entwicklung des Plasmaverhaltens bei Parametern, die sich denen des Reaktorbereiches annähern;
- (ii) die Plasma-Wand Wechselwirkung unter diesen Bedingungen,
- (iii) die Untersuchung der Plasmaaufheizung und
- (iv) Untersuchung der Erzeugung und der Einschliessung der Alpha-Teilchen und der sich daraus ergebenden Plasmaaufheizung.

4.3 Begründung

Die Verwirklichung des JET Projektes stellt eine wesentliche Phase in der Entwicklung des Fusionsprogrammes der Gemeinschaft dar. Hinsichtlich des Endzieles dieses Programmes und seiner Begründung wird auf Teil I, Ziffer 4.3 des Finanzbogens verwiesen.

5. FINANZIELLE AUSWIRKUNGEN DES VORHABENS WÄHREND DER VORGESEHENEN GESAMTDAUER (in ERE)

5.0 Auf die Ausgaben (Zeitraum von 1976 bis 1983)

5.0.0 Kosten zu Lasten:

- des Gemeinschaftshaushaltes (80%)	147.700.000
- der einschlägigen nationalen Instanzen	36.900.000
Gesamtkosten	184.600.000

Diese Kosten wurden zu Preisen von Januar 1977 berechnet.

5.0.1 Mehrjähriger Fälligkeitsplan (in Mio ERE)

Jahre	1976 1977 1978	1979	1980	1981	1982	1983 1. Hälfte	Insge- samt
Verpflichtungen	16	54,4	35,2	25,6	12,8	3,7	147,7
Zahlungen	9,6	32	38,4	32,8	23,2	11,7	147,7

1)

5.2 Berechnung

Die Kosten der Bauphase des JET Projekts wurden zu Preisen Januar 1977 und unter Zugrundelegung des Wechselkurses der ERE am 3. Januar 1977 (1 ERE = 40,6207 FB) auf 184,6 Mio ERE veranschlagt. Die Gemeinschaft trägt 80% der Projektkosten. Die Mittel zur Finanzierung der Gemeinschaftsbeteiligung betragen daher 147,7 Mio ERE.

1) Die Summe der Verpflichtungsermächtigungen 1979-1983 beträgt 131,7 Mio ERE (147,7 - 16) und entspricht der für JET begutsagten Mittelzuweisung im Programm 1979-1983.

Der Betrag von 184,6 Mio ERE berücksichtigt nicht:

- a) die Veränderung der wirtschaftlichen Bedingungen seit Januar 1977.
Es wird in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen, dass JET im wesentlichen aus "hardware" besteht. Das Gemeinsame Unternehmen JET unternimmt gegenwärtig eine erste Kostenfortschreibung des Projekts. Die Kommission wird die Haushaltsbehörde hierüber unterrichten;
- b) die Betriebskosten der Anlage in 1983;
- c) die Kosten für die Investitionen, die notwendig sind, damit die Anlage ihre erweiterte Leistung erreichen kann. Die kürzlich in den Anlagen des Typs Tokamak erzielten guten Ergebnisse lassen eine gewisse Beschleunigung des Programmes gerechtfertigt erscheinen. Es ist daher wahrscheinlich, dass ein grosser Teil der Ausgaben für die erweiterte Leistung bereits während der Bauphase gebunden werden muss. Diese zusätzlichen Ausgaben können nur auf der Grundlage eines neuen Ratsbeschlusses über dieses Programm gebunden werden. Die vorbereitenden Arbeiten zur Erstellung eines derartigen Programmes haben bereits begonnen.

5.3 Auswirkungen auf die Einnahmen

Gemeinschaftssteuern auf die Bezüge der Bediensteten auf Zeit.

6. FINANZIERUNG DES VORHABENS

- in den Haushaltsplänen 1976/77/78 der Europäischen Gemeinschaften veranschlagte Mittel
- in den künftigen Haushaltsplänen zu veranschlagende Mittel.

7. KONTROLLE

Wissenschaftliche Kontrolle: - JET-Rat

- Beratender Ausschuss Fusion

Administrative und

finanzielle Kontrolle:

- JET-Rat

- Rechnungshof.